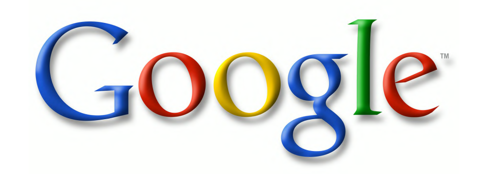
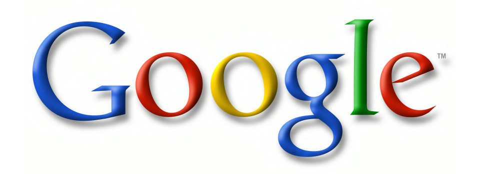






DER GEBRAUCH

DES

SPEKTROSKOPES

ZU

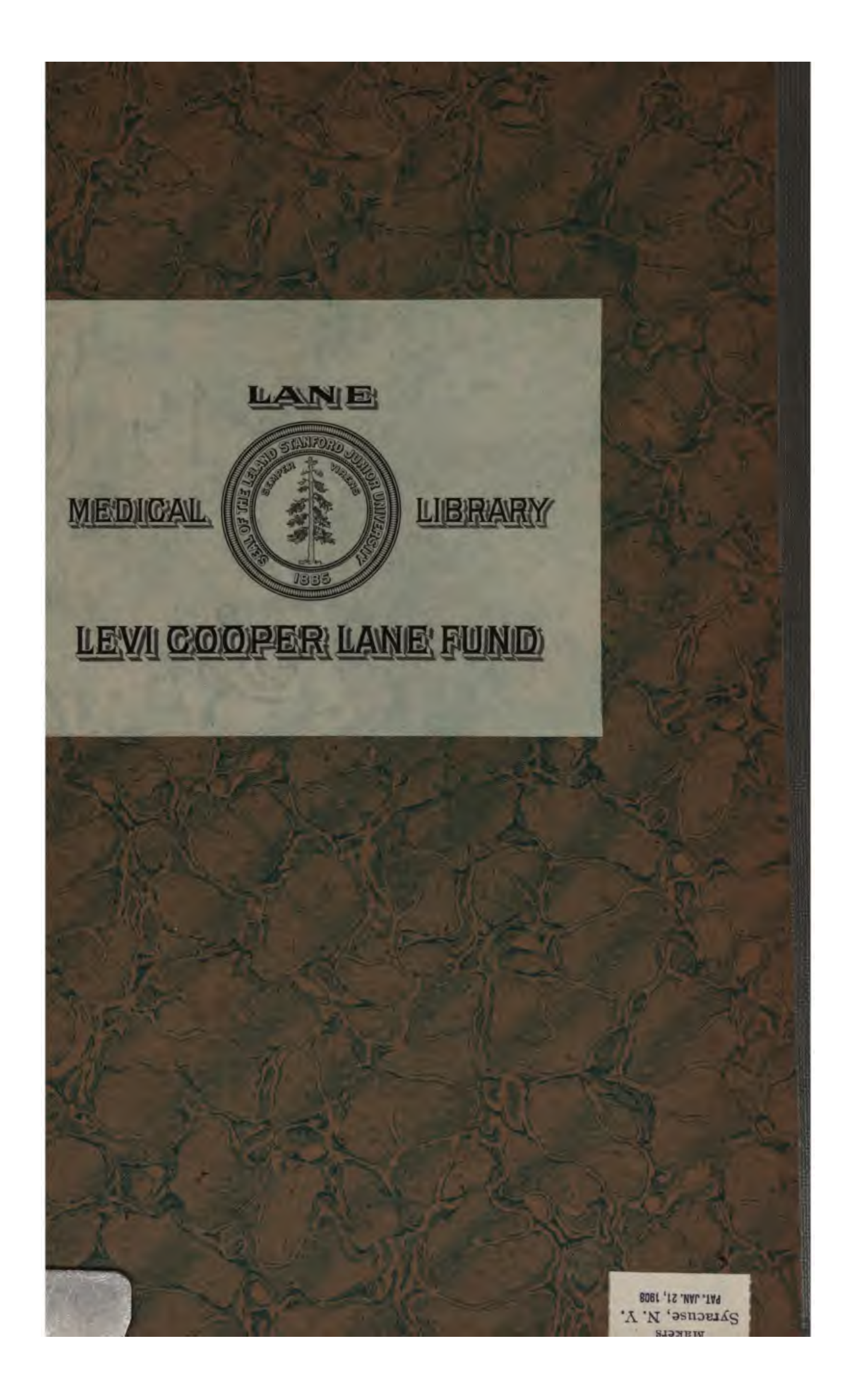
PHYSIOLOGISCHEN UND ÄRZTLICHEN ZWECKEN,

VON

G. VALENTIN
IN BERN.

MIT XXII IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1863.


LANE
MEDICAL
LIBRARY
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885
LEVI COOPER LANE FUND

DER GEBRAUCH

DES

SPEKTROSKOPES

ZU

PHYSIOLOGISCHEN UND ÄRZTLICHEN ZWECKEN.

VON

G. VALENTIN
IN BERN.

MIT XXII IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1863.

Vorrede.

Diese Schrift soll dem Spektroskope in Kreisen Eingang verschaffen, die dasselbe bis jetzt noch nicht benutzt haben. Es kann dem Physiologen nicht bloss zu optischen Beobachtungen, sondern auch zu manchen Untersuchungen über die Aufsaugung, die Lymphbewegung, den Blutlauf, die Absonderungen und die Ernährung dienen. Der Augenarzt wird in ihm ein Hülfsmittel finden, sich über die Leistungsfähigkeit des Auges, die gesunde oder krankhafte Auffassung der Farben und die Beschaffenheit der grünen und besonders der blauen Brillengläser zu unterrichten. Der Gerichtsarzt muss es von nun an zu Entscheidungen über Blutflecke zu Rathe ziehen, kann es in einzelnen Vergiftungsfällen zu neuen Beweismitteln gebrauchen und wird noch von der Spectralanalyse Aufschlüsse über die Anwesenheit einzelner Metalle erhalten, wenn ihn die gewöhnlichen chemischen Untersuchungsweisen verlassen.

Ich habe mich bemüht, die Literatur und das Technische so vollständig als möglich zu geben, einige eigene Beobachtungen den älteren Erfahrungen anzureihen und Andeutungen über neue Versuchsarten bei passenden Gelegenheiten einzuschalten. Mein Zweck wäre erreicht, wenn sich bald Spektroskope in den Händen eines jeden Physiologen, Augen- und Gerichtsarztes befänden.

Bern, den 25. Juli 1862.

Valentin.

Inhalt.

I. Geschichtliches.

Es ist drei Mal vorgekommen, dass sinnvolle Forscher Untersuchungsgebiete von grosser Tragweite eröffneten, indem sie Eigenschaften des Spectrums, die man früher nur unvollkommen kannte, genauer verfolgten. Newton schuf [1]) auf diese Art die wissenschaftliche Behandlung der Farbenlehre, indem er die Einfachheit und

[1]) Seneca (Naturalium Quaestionum Libri VII. Ed. Aldina. Venetiis 1522. 8. p. 7) lässt schon die Farben, welche das durch ein Glasstück entstehende Sonnenlicht erzeugt, mit denen des Regenbogens übereinstimmen. Vitellio (περὶ ὀπτικῆς Norimbergae 1535. fol. p. 296) versuchte sich mit einer, wie sich später zeigte, ungenügenden Erklärung der Farben, welche der Durchtritt des Lichts durch ein mit Wasser gefülltes Glas hervorbringt. Seine Nachfolger waren in dieser Hinsicht nicht glücklicher. (Siehe J. F. Montucla, Histoire des Mathématiques. Nouvelle Edition. Tome II. Paris. An VII. 4. p. 516.)

Die schon seit Aristoteles geläufige Beobachtung des Sonnenbildes in dem dunklen Zimmer wurde von Maurolycus (J. Pristley, Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. Uebersetzt von S. G. Klügel. Leipzig, 1775. 4. S. 30) wieder aufgenommen und die von Porta erfundene dunkle Kammer veranlasste Kepler (Paralipomena ad Vitellionem. Opera omnia. Ed. Frisch. Vol. II. Francoforti, 1859. 8. p. 160. 161) zu ausführlichen Erläuterungen. Grimaldi (Physica mathesis de lumine. Bonon. 1665. 1. p. 235) entdeckte die mit der Erzeugung des Spectrums verbundene Verlängerung des Bildes kurze Zeit vor Newton, den eben diese Erscheinung auf den Gedanken der verschiedenen Brechbarkeit der einzelnen Farben führte. Montucla (a. a. O. p. 516. 517.) glaubte aus einer Angabe von Klügel (die ich bei diesem S. 93 nicht finde, die aber bei Scheibel (Montucla a. a. O. Tome III. p. 432) vorkommen wird) schliessen zu können, dass Marcus Marci den prismatischen Hauptversuch von Newton in seinem 1648 erschienenen Thaumantias beschrieben habe. Brandes (Gehlers physikal. Wörterb. Bd. VII. Abth. II. Leipzig, 1834. S. 943—46) bemühte sich dieses ausführlich zu widerlegen. Wilde scheint in seiner Geschichte der Optik (Bd. I. Berlin, 1838. 8.) günstiger zu urtheilen. (Vgl. Gehler, Bd. XI. 1845. S. 479.) Darstellungen von Newton's Leistungen in der Optik finden sich bei Pristley a. a. O. S. 183—238, und Montucla a. a. O. S. 515—546.

die Verschiedenheit der Brechungsgrösse [1]) und der davon abhängigen Grenze der gänzlichen Zurückwerfung [2]) der einzelnen Farbenstrahlen nachwies, seine Entdeckungen auf die Verhältnisse der Farbenmischung anwandte [3]) und zur Erklärung des Regenbogens [4]) und der natürlichen Körperfarben [5]) benutzte. Wollaston [6]) hatte zwar schon angegeben, dass man mehrere schwarze Linien in dem Spectrum wahrnimmt, wenn man die in ein dunkles Zimmer fallenden Sonnenstrahlen mit einem streifenlosen Flintglasprisma betrachtet. Seine Zeichnung stellt fünf Linien ausser den beiden Grenzlinien dar [7]). Diese Entdeckung blieb aber länger als ein Jahrzehend unbenutzt, bis endlich aus ihr Fraunhofer [8]) ein neues Erkenntnissmittel zu schaffen wusste. Sein Hauptverdienst bestand nicht darin, dass er eine grössere Menge dunkler Linien [9]) als sein ihm unbekannter Vorgänger durch die kenntnissvolle Benutzung des Fernrohres zur Anschauung brachte, sondern die einzelnen erst durch sie genauer festzustellenden Orte des Spectrums zu sicheren Maassbestimmungen gebrauchen lehrte. Wir werden sehen, dass die Einflüsse, welche die Dämpfe mancher Metalle und einzelne Gase auf die Lichtintensität der verschiedenen Spectralstellen ausüben, seit längerer Zeit bekannt waren. Allein erst Kirchhoff und Bunsen [10]) wussten hieraus eines der feinsten Erkennungsmittel der Metalle zu schaffen, den diesen Erscheinungen zum Grunde liegenden Hauptsatz entschiedener hervorzuheben und ihre Entdeckungen zu Schlüssen über die Sonnenatmosphäre zu benutzen.

---

[1]) J. Newton, Optice. Latine reddidit S. Clarke. Lausannae, 1740. 4. p. 13 und p. 87, und Lectiones opticae. in Newton's Opuscula. Ed. J. Castilloneus. Tomus II. Lausannae, 1744. 4. p. 76 flg. und p. 279 flg.

[2]) Optice. p. 43.

[3]) Desgl. p. 111.

[4]) Desgl. p. 121.

[5]) Desgl. p. 186 flg.

[6]) Wollaston, Philosophical Transactions. 1802. p. 378.

[7]) Ebendas. Plate XIV. Fig. 3.

[8]) Fraunhofer, Denkschriften der Münchener Akademie. Bd. V. Jahrg. 1814. 1815. München, 1817. 4. S. 193—226.

[9]) Ebendas. Taf. II.

[10]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CIX. 1859. S. 148, und besonders Bd. CX. 1860. S. 161—189. Philosophical Magazine. Vol. XX. 1860. p. 89—109. Pogg. Ann. Bd. CXIII. 1861. S. 337—381. Philos. Magaz. Vol. XXII. 1861. p. 329—49. G. Kirchhoff, Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente. (Aus den Abhandlungen der Berliner Akademie. 1862.) Zweite durch einen Anhang vermehrte Ausgabe. Berlin, 1862. 4. S. 13—15.

Der Weg, auf dem Fraunhofer zu den nach ihm benannten dunklen Linien des Spectrums gelangte, hat ein besonderes Interesse, weil die Deutung desselben erst durch die Erfahrungen unserer Tage möglich geworden. Wir wollen zunächst das Haupttheorem, das den wechselseitigen Zusammenhang der hellen und der dunklen Linien bestimmt, kennen lernen und dann zu Fraunhofer's eigenen Mittheilungen übergehen.

Pierre Prevost [1]), ein Anhänger der Corpusculartheorie des Lichtes und der Wärme, stellte zuerst den Grundsatz des beweglichen Gleichgewichtes der Temperatur auf. Dieses Princip führt zu dem Schlusse, dass das auf eine bestimmte Masse als Einheit bezogene Strahlungsvermögen mit dem auf die gleiche Masse bezogenen Aufsaugungsvermögen eines Körpers für gleiche Einfallswinkel der Strahlen übereinstimmt [2]). Angström [3]) sprach später aus, dass ein Körper diejenigen Strahlen, die er bei dem Leuchten aussendet, bei dem Durchgange durch seine Masse verschluckt. Balfour Stewart [4]) beschränkte diesen Satz auf den Fall der Wärmegleichheit der durchtretenden Strahlen und des durchlassenden Theilchens. Er gewann die schärfste Formulirung durch Kirchhoff [5]), der auch eine mathematische Begründung des Theoremes zu geben suchte. Dieser Forscher geht von der Uebereinstimmung der Wärme- und der Lichtstrahlen aus. Die unsichtbaren Wärmestrahlen unterscheiden sich daher nur dadurch, dass sie grössere Wellenlängen als die Strahlen besitzen, welche dem rothen Anfangstheile des Spectrums entsprechen. Der allgemeine Satz von Kirchhoff lautet nun dahin, dass das Verhältniss zwischen dem Emissions- und dem Absorptionsvermögen für jede Strahlengattung und für jeden Körper bei derselben Temperatur das gleiche ist, vorausgesetzt, dass keine chemische Wirkung des Lichtes und keine Phosphorescenz stattfindet, dass also alle absorbirten Strahlen in Wärme verwandelt werden.

---

[1]) P. Prevost, Recherches physico-mécaniques sur la Chaleur. Genève et Paris, 1792. 8. p. 11 und 19, und Dessen Werk: Du Calorique rayonnant. Paris et Genève, 1809. 8. p. 28. 39. 98 und 259.

[2]) Siehe z. B. die Erläuterung in J. Jamin Cours de Physique de l'Ecole polytechnique. Tome II. Paris, 1859. 8. p. 290—294 und p. 311. 312.

[3]) Angström Pogg. Ann. Bd. XCIV. 1857. S. 146.

[4]) Balfour Stewart, Phil. Magaz. Vol. XX. 1860. p. 539. 40.

[5]) Kirchhoff, Pogg. Ann. Bd. CIX. 1860. S. 274. Phil. Mag. Vol. XX. 1860. p. 1—20. Ann. de Chimie Tome LIX. 1860. p. 124—128, und besonders G. Kirchhoff, Untersuchungen über das Sonnenspectrum, S. 11 und S. 22—39.

Ein glühendes Gas wird dann alle einem anderen Körper bei gleicher Wärme zukommenden Spectralfarben, die ihm selbst fehlen, ungehindert durchlassen, die Strahlen der Farbe dagegen, die in seinem eigenen Spectrum auftreten, um so mehr verschlucken, je heller diese Farbe in seinem Spectrum ist. Das Spectrum eines jeden glühenden Gases kehrt sich um, seine hellen Linien werden dunkel, wenn die Strahlen einer hinreichend hellen, ein ununterbrochenes Spectrum gebenden Lichtquelle durch dasselbe hindurchtreten.

Die Weingeistflamme einer Lampe, deren Docht Kochsalz enthält, giebt als hell leuchtende Spectrallinie die bei schwächerer Vergrösserung einfach, bei stärkerer dagegen doppelt erscheinende Linie [1]), die Fraunhofer mit D bezeichnete. Lässt man nun starkes Sonnenlicht durch die Weingeistflamme gehen, so dass es das von dieser gelieferte Licht bedeutend überwiegt, so erscheint jene auch sonst im Sonnenspectrum vorkommende D-Linie auffallend dunkel. Versuche, die Kirchhoff [2]) anstellte, erhärten den gleichen Gegensatz noch auffallender. Da die Spectren von glühenden festen oder flüssigen Körpern keine dunkeln Linien darbieten, so wählte er das Drummond'sche Kalklicht oder einen durch einen elektrischen Strom stark glühend gemachten Platindraht als Lichtquelle, die durch die Natriumflamme durchging. Man sah dann die beiden D entsprechenden dunkeln Linien in dem sonst linienlosen Spectrum.

Man kann viele der Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums daraus erklären, dass die ihnen entsprechenden Verbindungen in der glühenden Sonnenatmosphäre in Gasform enthalten sind. — Wir sehen aber den heisseren leuchtenden Sonnenkern durch diese kühlere Atmosphäre hindurch. Verglich Kirchhoff [3]) die verschiedenen hellen Linien, welche die mannigfachen von ihm untersuchten Körper bei der Verdampfung geben, mit den dunkeln des Sonnenspectrums, so fand sich, dass die Sonnenatmosphäre (Kalium), Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen und Nickel in grosser und vermuthlich auch Barium, Kupfer und Zink in geringer Menge enthält.

---

[1]) Man sieht sie ohne Weiteres doppelt, wenn die Einstellung des Prismas von der des Winkels der kleinsten Ablenkung bedeutend abweicht oder wenn die Strahlen durch ein doppelt brechendes Prisma nicht in der Richtung der optischen Achse durchgehen. Diese regelwidrigen Fälle gehören natürlich nicht hierher.

[2]) Kirchhoff, Sonnenspectrum S. 9. Hierher gehört auch der Versuch von Crookes, Phil. Mag. Jan. 1861. p. 55—57. Pogg. Ann. Bd. CXII. 1861. S. 153—156.

[3]) Kirchhoff a. a. O. S. 13. 14.

Lithium, Strontium, Silicium, Aluminium, Gold, Silber, Quecksilber, Cadmium, Zinn, Blei, Antimon und Arsen sind nicht vorhanden. Die Frage, ob Kobalt vorkommt, blieb unentschieden.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir jetzt zwei Stellen aus Fraunhofer's Abhandlung wörtlich anführen.

Er sagt S. 197: „Auch die farbigen Flammen, die man durch „Verbrennen von Alkohol, Schwefel u. s. w. erhält, geben, durch „das Prisma gesehen, kein einfaches Licht, das ihrer Farbe entspricht; jedoch fand ich bei diesem, so wie beim Oel- und Talg„lichte und überhaupt mit dem Lichte des Feuers im Farbenbilde „zwischen der rothen und der gelben Flamme einen hellen scharf „begrenzten Streifen, der bei allen genau an demselben Orte ist „und in der Folge sehr nützlich wurde. Dieser helle Streif scheint „durch Lichtstrahlen gebildet zu werden, die durch das Prisma „nicht weiter zerlegt werden und folglich einfach sind. Auch in „der grünen Farbe zeigt sich ein ähnlicher Streif, der jedoch nicht „so scharf begrenzt und ungleich schwächer ist, so dass man ihn „in einigen Fällen schwer erkennt. Deswegen kann man von die„sem keinen Gebrauch machen.“

S. 202 heisst es ferner:

„Ich wollte suchen, ob im Farbenbilde vom Sonnenlichte ein „ähnlicher heller Streif zu sehen sei, wie im Farbenbilde vom Lam„penlichte, und fand anstatt desselben mit dem Fernrohre fast un„zählig viele starke und schwache verticale Linien, die aber dunkler „sind, als der übrige Theil der Farbenbilder. Einige schienen fast „schwarz zu sein“,

d. h. Fraunhofer entdeckte die helle Natriumlinie in dem Lichte der künstlichen Flamme, wollte sie in dem Sonnenspectrum aufsuchen und fand dabei die nach ihm benannten dunklen Linien. Die schwächere Linie im Grün, von der er noch ausserdem spricht, ist wahrscheinlich eine von denen, welche der innere Kegel künstlicher Flammen giebt [1]).

Fraunhofer [2]) hob schon die Uebereinstimmung der Lage jener

---

[1]) Vgl. W. Swan, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXI. Part. III. 1855. 56. p. 415 und 419, Fig. 1. β, β_1, β_2, β_3. Pogg. Ann. Bd. C. 1857. S. 306—335, und R. Th. Simmler, Beiträge zur chemischen Analyse durch Spectralbeobachtungen. Chur, 1861. 8. S. 13. 14. Fig. 1. 2. Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 242—66 und 425—51, besonders S. 247—49.

[2]) Fraunhofer a. a. O. S. 222. Dieses ist auch schon angegeben bei Swan a. a. O. p. 420 und 425, und Kirchhoff, Sonnenspectrum S. 12.

hellen gelben Linie mit der dunkeln D-Linie des Sonnenspectrums hervor. Da er[1]) gefunden hatte, dass einzelne Fixsterne andere dunkle Linien als die Sonne geben, so war hierdurch die Möglichkeit des Wechsels derselben mit der Beschaffenheit der Lichtquelle dargethan. Brewster[2]), der die Beobachtung der Spectrallinien fortsetzte und mehr als 2000 schon vor längerer Zeit wahrnahm, erreichte unter Anderem durch besondere Vorsichtsmaassregeln, dass er mehrere dunkle Linien in dem äussersten Roth, das unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht gesehen wird, zu erkennen vermochte[3]), — eine Entdeckung, die Matthiesen schon früher gemacht hatte. Brewster fand überdies neue von der Absorption der Erdatmosphäre herrührende Linien, wenn er das Sonnenspectrum untersuchte, als die Sonne früh oder Abends dem Horizonte nahe stand. Er nannte sie atmosphärische Linien, weil sie von dem langen Wege der Strahlen durch die Luft herrühren. Man sieht sie im Gelb und Orange am Deutlichsten[4]). Janssen[5]) bestätigte in neuester Zeit mit Hilfe eines eigenen Spektroskops, dass manche Linien des Sonnenspectrums nur von der Absorption durch die Atmosphäre herrühren.

Brewster[6]) entdeckte schon vor langer Zeit Mittel, die Zahl der Spectrallinien bedeutend zu vergrössern. Er bemerkte nämlich, dass die auf der Bahn der Sonnenstrahlen eingeschalteten Dämpfe der salpetrigen Säure, wie sie der sogenannten salpetrigen Salpetersäure oder der Untersalpetersäure entsteigen, eine Menge eigener dunkler Streifen erzeugen, die bei geringer Dampfdichte im Blau, bei grösserer ausserdem noch im Grün, bei noch beträchtlicherer überdiess im Roth auftreten[7]). Ihre wechselseitige Entfernung nimmt, wie Brewster schon wusste und Weiss[8]) ausführlicher nachwies, mit der

---

1) Fraunhofer a. a. O. S. 220.

2) Brewster, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XII. 1834. p. 528. Vgl. auch die in neuester Zeit gegebene Abbildung des Spectrums von Brewster und Gladstone, Philos. Transact. Year 1860. London, 1861. p. 149—160. Plate IV. Fig. 1.

3) Brewster und Gladstone, Ebendaselbst p. 150.

4) Brewster und Gladstone a. a. O. p. 153. Plate IV. Fig. 7, und Philosoph. Magazine. Vol. XX. 1860. p. 385—87.

5) Janssen, Comptes rendus. Tome LIV. 1862. p. 1280. 81.

6) Brewster, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Tome XII. 1834. p. 522. Pogg. Ann. Bd. XXXIII. 1834. S. 233. 34.

7) Vgl. Brewster und Gladstone a. a. O. Plate IV. Fig. 10.

8) A. J. Weiss, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. XLIII. 1861. S. 208. 209. Pogg. Ann. Bd. CXII. 1861. S. 153. 156.

Vergrösserung der Dichtigkeit des Dampfes ab. W. H. Miller [1]) fand in der Folge, dass andere dunkle Linien durch die Einschaltung von Jod- oder Bromdämpfen oder von Euchlorine (dem jetzigen Chloroxydul) erzeugt werden. W. A. Miller [2]) verfolgte diese Erscheinungen genauer und beschrieb noch die Linien der Unterchlorsäure, der chlorigen Säure und des Manganhyperchlorids. Er hob hervor, dass sie der wässerigen Lösung der chlorigen Säure fehlen. A. Erman [3]) beschäftigte sich mit der genaueren Messung der dunklen Linien, welche Jod- oder Bromdämpfe im Spectrum erzeugen, um deren Entstehung durch Interferenz der Lichtwellen nachzuweisen.

Nachdem Brewster [4]) schon die Absorptionserscheinungen der Flüssigkeiten, unter Anderm der Chlorophylllösung untersucht hatte, theilte Rudberg [5]) als Ergebniss seiner Forschungen mit, dass die scheinbar breiteren Spectrallinien bei zunehmender Dicke der Flüssigkeitsschicht unverändert blieben oder sogar an Zahl abnahmen, weil das Einschaltungsmittel entsprechende Bezirke des Spectrums in dem letzteren Falle auslöschte.

Talbot, Brewster und J. Herschel hatten mittlerer Weile ihre Aufmerksamkeit auf die gefärbten Flammen und deren prismatische Zerlegung gerichtet. Melville [6]), der sich zuerst mit diesem Gegenstande beschäftigte, fand schon das Gelb vorherrschend bei der prismatischen Analyse der künstlichen Flamme, z. B. des Weingeistes, in dem Salmiak, Kali oder Alaun (mit Natron verunreinigt) in Dampfform enthalten war. Brewster [7]) hob besonders hervor, dass der, wie er glaubte, reine Weingeist eine gelbe gleichartige Flamme gebe und die chromatische Abweichung eines optischen Instrumentes, mit dem man in diesem Lichte untersucht, aus diesem Grunde beseitige. J. Herschel [8]) schrieb ein starkes und reines Gelb

---

[1]) W. H. Miller bei Brewster und Gladstone a. a. O. p. 157.

[2]) W. A. Miller, Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1846. S. 410—412.

[3]) A. Erman, Pogg. Ann. Bd. LXXIII. 1844. S. 550—556.

[4]) Brewster, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Tome XII. 1834. p. 538—545.

[5]) Rudberg, Pogg. Ann. Bd. XXXV. 1835. S. 523 flg.

[6]) J. Pristley, Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. Uebersetzt von G. S. Klügel. Leipzig, 1775. 4. S. 515. Vgl. auch J. F. Montucla, Histoire des Mathématiques, Nouvelle Edition. Tome III. Achevé par de la Lande. Paris, 1802. p. 588.

[7]) Brewster, Pogg. Ann. Bd. II. 1824. S. 101. 102.

[8]) J. F. W. Herschel, Vom Licht. Uebersetzt von Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. S. 265. 266. Vgl. auch Tyndall, Phil. Magaz. Vol. XXI. 1861. p. 151.

dem Natron und Blassviolett dem Kali zu. Kalksalze geben nach ihm eine ziegelrothe Flamme, in deren Spectrum man eine gelbe und eine glänzend grüne Linie erkennt. Strontianverbindungen liefern ein prächtiges Carmoisin. Die prismatische Zerlegung zeigt zwei Arten von Gelb, von denen die eine stark in Orange übergeht. Lithion hat Roth nach Turner's Löthrohrversuchen, Baryt nach Herschel blass Apfelgrün und Kupfer Grün oder Blaugrün. Magnesia und Eisen erzeugen nach ihm keine eigenthümlichen Flammenfarben. Brewster [1]) endlich bildete die hellen rothen und einige der gelben und der grünen Strontiumlinien ab, wie sie sich bei der Verbrennung von salpetersaurem Strontian in der Weingeistflamme darstellen. —

Herschel [2]) hebt noch hervor, dass sich die Chlorverbindungen als die verhältnissmässig flüchtigsten zu solchen Flammenuntersuchungen am Besten eignen und die Färbung dienen könne, geringe Mengen von Stoffen wahrzunehmen. Drummond leitete zu diesem Zwecke mehrere Weingeistflammen auf kleine Kugeln verschiedener Erdarten. „Untersucht man", schliesst Herschel seine Mittheilung, „dieses Licht durch das Prisma, so findet man, dass dasselbe diejenigen Farben in Ueberfluss besitzt, welche die durch sie gefärbten Flammen charakterisiren, so dass auf jeden Fall diese Farben aus den Theilchen der in Dunst verwandelten färbenden Substanz entstehen, welche in heftiger Verbrennung erhalten werden."

Brewster [3]) fand in der Folge (1842), dass die hellen Linien, die der verpuffende Salpeter erzeugt, dunkeln im Sonnenspectrum entsprechen. Miller [4]) untersuchte später die Flammen von Weingeist, in dem Kupferchlorid, Borsäure, salpetersaurer Strontian, Kochsalz, Chlorbarium, Mangan-, Eisen-, Zink-, Kobalt-, Nickel-, Quecksilber- oder Magnesiumchlorid aufgelöst war, die des verbrennenden Phosphors und vor dem Knallgasgebläse glühend gemachte Holzkohle, Kalk, Strontian, Zink, Eisen, Stahl, Platin, Kupfer, Blei und Spiessglanz. Die Unvollkommmenheit des Verfahrens führte den Nachtheil herbei, dass die hellen Spectrallinien unvollständig und nicht unvermischt mit anderen zufälligen oder von Gemengtheilen herrührenden erschienen.

---

[1]) Brewster und Gladstone a. a. O. p. 160. Plate IV. Fig. 11.

[2]) Herschel, Ebendas. S. 266.

[3]) Swan a. a. O. p. 425.

[4]) A. Miller, Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1846. S. 414—416.

Die Arbeit von Swan [1]) über das Spectrum der Bunsen'schen Gasflamme und anderer verbrennenden Kohlenwasserstoffe eilte ihrer Zeit in mehrfacher Hinsicht voran. Swan [2]) zeigte in dieser Abhandlung, dass schon $^1/_{1000000}$ Gran Kochsalz die Flamme gelb färbt, folglich $^1/_{2500000}$ Gran Natrium zur Erzeugung dieser Wirkung hinreicht. Das Auftreten der hellgelben D-Linie in der äusseren Flamme eines Bunsens'chen Brenners rührt nur von verdampfenden Kochsalztheilchen, die in Luft schweben, her. Die innerste Flamme des Leuchtgases giebt ausserdem noch zehn Linien im Gelbgrün und Grün und eine im Blau. Andere Kohlenwasserstoffverbindungen, wie leichter Kohlenwasserstoff, ölbildendes Gas, Paraffin und Terpentinöl, also Körper, die nach der Norm $C_r\ H_s$ zusammengesetzt sind, und Methylalkohol, Weingeist, Aether, Methyläther, Glycerin, Wallrath, Camphorwachs, die $C_r\ H_s\ O_t$ entsprechen, so wie Steinkohlengas und Kohlennaphtha bedingen die gleichen Linien [3]). Van der Willigen [4]), der diese Beobachtungen durch den Vergleich der Spectra der Talgflamme, der Stearinkerze, der Oelflamme und der elektrischen Spectra der Gaskohle und der Holzkohle vervollständigte, leitet die charakteristischen Linien von den Kohlentheilchen und nicht von dem Kohlenwasserstoff her.

Die prismatische Analyse des elektrischen Flammenbogens, die schon Wollaston und Fraunhofer [5]) versucht hatten [6]), und die später Wheatstone [7]), Masson [8]), Angström [9]), van der Willigen [10]), Dove [11]) und Foucault [12]) fortsetzten, führte zu manchen, für die Geschichte

---

1) Swan, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXI. Part. III. 1855. 1856, p. 411—430. Pogg. Ann. Bd. C. 1857. S. 306—336.

2) Swan, Transact. p. 413. 414, und Phil. Mag. Vol. XX. 1860. p. 173—175.

3) Swan, Transact. p. 417. 418.

4) van der Willigen, Pogg. Ann. Bd. CVII S. 373—79.

5) Fraunhofer a. a. O. S. 221.

6) Eine (mit manchen irrthümlichen Litteraturangaben leider vermischte) übersichtliche Zusammenstellung des Geschichtlichen findet sich z. B. in dieser Hinsicht in der Dissertation von H. Cochius, De Luce electrica. Berolini, 1861. 8. p. 46—55.

7) Wheatstone, Pogg. Ann. Bd. XXXVI. 1836. S. 148—150.

8) Masson, Ann. de Chimie Troisième Série 1851. Tome XXXI. p. 295—326.

9) Angström, Pogg. Ann. Bd. XCIV. S. 145. 146.

10) van der Willigen, Pogg. Ann. Bd. XCIII. 1854. S. 293. Bd. CVI. S. 610—18. Bd. CVII. 1859. S. 473—79.

11) Dove, Pogg. Ann. Bd. CIV. 1860. S. 184—188.

12) Bibliothèque universelle. Arch. des sciences phys. et nat. Tome X. Genève, 1849. p. 223. De la Rive Traité d'Electricité. Tome II. Paris, 1856. p. 263.

der Spectralanalyse wichtigen Sätzen. Foucault[1]) bemerkte im Jahre 1849, dass die beiden dunkeln, dem Fraunhofer'schen D entsprechenden Linien des Sonnenspectrums in dem durch zwei Kohlenspitzen erzeugten elektrischen Spectrum hell erscheinen. Legt man beide Spectra übereinander, so wird die dunkle doppelte D-Linie des vorherrschend sichtbaren Sonnenspectrums um Vieles dunkler. Man hatte also den einfachen auf dem Versuchswege gewonnenen Beweis, dass glühende Dämpfe diejenigen farbigen Strahlen, die sie vorzugsweise aussenden, auch vorzugsweise verschlucken. Der Gebrauch der vervollkommneten Inductionsapparate, besonders der grössern von Ruhmkorff, führte zur vollständigen Erkenntniss der Verschiedenheit der hellen Spectrallinien mit der Mannigfaltigkeit der zwischen den Polspitzen fortgerissenen und hier zum Theil verdampfenden Metalltheilchen. Nahm man zwei ungleiche Metalle zu Stromleitern, so sah man die charakteristischen Spectrallinien beider neben einander. Man erkannte auf diese Weise die Norm der Superposition oder der Ueberlagerung der verschiedenen Spectra und, was dasselbe ist, die der Juxtaposition, die Norm der Nebeneinanderlagerung oder der Summirung der eigenthümlichen Spectrallinien aller Körper, die in den das Spectrum liefernden leuchtenden Massen in Dampfform enthalten sind. Diese Erscheinung, die wir auch bei der Untersuchung der thierischen Theile antreffen werden, bestätigte sich später für Mischungen sehr verdünnter Gase, wie sie Plücker[2]) in Geissler'schen Röhren während der Durchleitung der Schläge eines Ruhmkorff'schen Apparates untersuchte. Dove, van der Willigen und du Moncel hatten sich schon früher mit den Gasspectren beschäftigt.

Kirchhoff und Bunsen[3]) erweiterten nach diesen Vorbereitungen die Erkenntniss der Eigenschaften des Spectrums mehr, als irgend einer ihrer Vorgänger. Der Gebrauch des Bunsen'schen Brenners, durch den man die sauerstoffhaltige Atmosphäre dem Leuchtgase nach Belieben sparsamer oder reichlicher zuführt und hierdurch zwar an Helligkeit verliert, dafür aber an Hitze gewinnt, begünstigt

---

[1]) (Stockes) Phil. Magaz. Vol. XIX. 1860. p. 193—197. Ann. de Chimie. Trois. Série. Tome LIX. 1860. p. 505. 506. Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. S. 188.

[2]) Plücker, Pogg. Ann. Bd. CV. 1859. S. 12. Phil. Mag. Vol. XVIII. 1859. p. 7—20, und für Jod, Phosphor und Chlorphosphor Pogg. Ann. Bd. CVII. 1859. S. 637—643.

[3]) Siehe oben S. 2. Anmerk. [10].

deshalb wesentlich die Wahrnehmung der meisten charakteristischen Spectrallinien. Die von jenen Forschern angegebenen einfacheren oder zusammengesetzteren, zur Spectralanalyse gebrauchten Apparate wurden von dem grössten Theile ihrer Nachfolger vollkommen oder mit untergeordneten Veränderungen nachgebildet. Kirchhoff und Bunsen verfolgten zuerst die Spectrallinien des Kalium, des Natrium, des Lithium, das sie auch in der Milch auffanden, des Calcium und des Barium. Sie entdeckten später zwei meist zusammen vorkommende neue Metalle, das Rubidium und das Caesium, durch die eigenthümlichen hellen Linien, die ihre Dämpfe hervorriefen [1]). Kirchhoff [2]) endlich lieferte die vollständigsten Zeichnungen der Spectrallinien einer grossen Reihe von Metallen, wie man sie bei dem Gebrauch von vier grossen Steinheil'schen Prismen und eines Ruhmkorff'schen Apparates beobachtet. Seine Abbildungen umfassen vorläufig den Theil des Spectrums, der von D bis G reicht. Welche Menge von Linien durch das hierbei befolgte Verfahren sichtbar wird, kann z. B. daraus erhellen, dass das Eisen bis jetzt 69 helle Linien, die mit dunklen Linien des Sonnenspectrums zusammenfallen, dargeboten hat. Man bemerkt dessenungeachtet noch bei dieser Untersuchungsweise einzelne matte Bänder, die erst der Gebrauch einer grösseren Anzahl von Prismen, mithin einer stärkeren Zerstreuung in einzelne Linien auflösen wird. Kirchhoff vergleicht diese Aufgabe der Zukunft mit der Auflösung der Nebelflecke am Sternenhimmel durch stärkere Fernröhre.

Das Aufsehen, welches diese Beobachtungen von Kirchhoff und Bunsen erregten, rief bald die mannigfachsten Bemühungen anderer Forscher hervor. Als Broch [3]) das Licht einer Spalte des dunkeln Zimmers durch zwei Nicol, eine eingeschaltete senkrecht auf die Achse geschnittene Quarzplatte und ein Prisma gehen liess, um die Drehungswinkel der Polarisationsebene für den Bergkrystall zu bestimmen, bemerkte er (wie früher Wollaston), dass man eine Anzahl Fraunhofer'scher Linien schon ohne Weiteres unter günstigen Verhältnissen sehen kann. Dieses führte Mousson [4]) zur

---

[1]) Eine Copie der von Kirchhoff und Bunsen gegebenen Spectrallinien der Metalle der Alkalien und Erden für die Einstellung des Prisma unter dem Minimum der Ablenkung für D findet sich in: C. R. Fresenius Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. I. 1862. Taf. I. Fig. 1. S. 1. 2.

[2]) Kirchhoff, Sonnenspectrum. Taf. I. und II.

[3]) Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. Berlin, 1845. 8. S. 114.

[4]) Mousson, Pogg. Ann. Bd. CXII. 1861. S. 439—44.

Herstellung seines sehr brauchbaren Spektroskopes, das Wild [1]) noch verbesserte, indem er zwei Flintglasprismen statt eines zwischen dem Spalte und dem Auge einschaltete und das Spectrum auf diese Art beträchtlich verlängerte. Einzelne Forscher lieferten ergänzende Bemerkungen über Spectrallinien. Frankland [2]) bemerkte, dass ein von Tyndall zuerst gesehenes blaues Band, welches das Lithium erzeugt, bei geringerer Wärme, z. B. dem Gebrauche eines Bunsen'schen Brenners, mangelt. Es wird bei Benutzung der heisseren Wasserstoffflamme kenntlich und erscheint noch deutlicher, wenn Sauerstoffgas zugeführt wird, bis endlich die Flamme so warm wird, dass das Schmelzen des Platindrahtes die Fortsetzung des Versuches unmöglich macht. Roscoe und Clifton [3]) sahen mit einem grossen Prismenapparate zwei blaue Lithiumlinien, von denen die eine mit δ des Strontium, die andere mit einer zweiten Strontiumlinie genau oder wahrscheinlich nur annähernd zusammenfällt. — F. W. und A. Dupré [4]) beschrieben eine an dem violetten Ende des Spectrums befindliche Calciumlinie, die noch weiter als die Strontiumlinie δ liegt, die Kirchhoff und Bunsen zwar gekannt, nicht aber nach der Meinung jener Forscher abgebildet haben. W. Crookes, der einen eleganten Versuch über die Undurchsichtigkeit der gelben Kochsalzflamme für Licht ihrer eigenen Farbe lieferte [5]), entdeckte eine neue fremdartige grüne Linie in einem selenhaltigen Präparate [6]), und hielt die zweite gelbe Lithiumlinie für ein Merkmal eines anderen Körpers, weil sie bei dem Gebrauche reinen Lithiums fehle [7]). Die späteren Untersuchungen von Crookes und besonders von Lamé [8]) lehrten, dass jene grüne Linie von einem dem Blei nahe stehenden Metalle, dem Thallium herrührt. Es kommt in vielen zur Schwefelsäurebereitung gebrauchten Schwefelkiesen vor. Simmler [9]), der mit einem Schwefelkohlenstoffprisma und dem

---

[1]) Compte rendu de la 45e Session de la Société suisse des Sciences naturelles. Lausanne, 1861. 8. p. 34.

[2]) Frankland, Phil. Mag. Dec. 1861. p. 472.

[3]) Roscoe, Phil. Mag. Jan. 1862. p. 63. 64.

[4]) F. W. und A. Dupré, Phil. Mag. March 1861. p. 239.

[5]) W. Crookes, Phil. Mag. Jan. 1861. p. 55—57.

[6]) W. Crookes, Phil. Mag. April. 1861. p. 301—304.

[7]) W. Crookes, Phil. Mag. Jan. 1861. p. 79. 80.

[8]) Lamé, L'Institut. No. 1486. 1862. p. 206. Pogg. Ann. Bd. CXVI. 1862. S. 495—99.

[9]) R. Th. Simmler, Beiträge zur chemischen Analyse durch Spectralbeobachtungen. Chur, 1861. 8., und Pogg. Ann. Bd. CXVI. 1862. S. 242—66 und 425—51.

freien Auge beobachtete, untersuchte von Neuem das Spectrum des inneren Kegels der Bunsen'schen Gasflamme, verfolgte die Erscheinungen, welche die durch Phosphorsäure, tellurige Säure, Borsäure, Barytsalze, Molybdänsäure, Kupfersalze und Manganchlorid grün gefärbten Flammen darbieten, und fand dabei die eigenthümlichen Spectrallinien der Borsäure, des Kupfers und des Mangans. Er bildete diese Linien und die neben einander gelagerten des Kalium, des Natrium, des Lithium, des Barium und des Strontium ab und wandte die Spectralanalyse auf Studien über die Zusammensetzung von Mineralien und Quellwassern an. Grandeau [1]) entdeckte grössere Mengen von Rubidium in manchen Pflanzen, wie der Runkelrübe, dem Tabak und dem Kaffee, und zeigte, dass das Vorkommen dieses Metalles von dem des Lithium, als dessen quantitativ entsprechenden Begleiter man es anzusehen pflegte, nicht abhängt. Bunsen [2]) endlich fand, dass das Rubidium, das nur in kleinen Mengen in den Mineralwassern vorkommt, mehr als 1 % mancher Lepidolithe ausmacht. Hoppe [3]) prüfte die Farbestoffe des Blutes und der Galle [4]) an einem mittelst des Heliostaten in dem dunkeln Zimmer entworfenen Spectrum und bemerkte hierbei zuerst die Blutbänder zwischen D und E, und die verschiedenen dunkeln Streifen im Roth nach der Behandlung des Blutes mit Schwefelwasserstoff oder kohlensauren Alkalien.

Das Spectrum diente noch zu manchen anderen Forschungsarten, die wir bis jetzt gar nicht oder nur vorübergehend berücksichtigt haben. Hierher gehören die vervollkommneten Messungen der Ablenkungscoefficienten, wie sie z. B. durch das Spektrometer von Meyerstein [5]) oder die noch nicht näher beschriebene Vorrichtung von Leroux [6]) möglich sind und die schon oben beiläufig erwähnten Absorptionserscheinungen, auf die wir später ausführlicher zurückkommen [7]).

---

[1]) Grandeau, Pogg. Ann. Bd. CXVI. 1862. S. 508—510.

[2]) Bunsen, Ann. der Chemie. Bd. CXXII. 1862. S. 347.

[3]) Hoppe, Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. XXIII. 1862. S. 446—449.

[4]) Hoppe, Ebendas. Bd. XXIV. S. 12.

[5]) Meyerstein, Pogg. Ann. Bd. XCVIII. 1856. S. 91—98, und Bd. CXIV. 1861. S. 146—144.

[6]) Comptes rendus. Tome LI. 1860. p. 800—802.

[7]) Die hierher gehörende englische Literatur findet sich zusammengestellt bei Brewster und Gladstone a. a. O. p. 157.

Helmholtz [1]) berichtigte manche der seit Newton gangbaren Annahmen über Ergänzungs- und Mischfarben durch geschickte und vielseitige Benutzung des Spectrums und gab [2]) dabei überdies eine mathematische Theorie der prismatischen Brechung, in der er weiter vordrang, als die früheren Physiker. Grassmann [3]) suchte später die Ergebnisse dieser Forschungen mit den weiter entwickelten Grundlagen, auf denen Newton [4]) seine graphische Darstellung der Farbenmischung stützte, in Zusammenhang zu bringen. Er zeigte, dass es eine unendliche Zahl von Ergänzungsfarben giebt und veranlasste hierdurch neue vervollständigende Beobachtungen von Helmholtz. Clark Maxwell [5]) endlich untersuchte zu verschiedenen Zeiten die Farbenmischung vom physikalischen Standpunkte und zum Theil mit Berücksichtigung der Farbenblindheit, und gab auch zu diesem Zwecke dienende Prismenapparate an.

Die von Herschel, Brewster und vorzugsweise von Stockes [6]) ausgegangenen Untersuchungen über epipolares Licht, innere Zerstreuung oder Fluorescenz setzten fast immer die Benutzung des Spectrums bei irgend genaueren Beobachtungen voraus. Da sie lehrten, dass die meisten thierischen Theile, wie die äussere Haut, die Knochen, das Elfenbein, weisses Leder, die Nägel, das Horn, Borsten, Federkiele, weisse Muscheln [7]) und selbst die Netzhaut [8]), obgleich diese letztere nur schwach, fluoresciren und sogar die Fluorescenz der lebenden menschlichen Haut als Kennzeichen der guten Anordnung der Versuchsmittel gebraucht wurde [9]), so musste schon deswegen das ganze Gebiet dieser von der Verbindung der Schwin-

---

[1]) Helmholtz, Müller's Arch. für Anat. u. Physiol. 1852. S. 461—482. Pogg. Ann. Bd. LXXXVII. 1852. S. 45—67. Bd. XCIV. 1855. S. 1—28. Physiologische Optik in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 224—309.

[2]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 237—261.

[3]) Grassmann, Pogg. Ann. Bd. LXXXIX. 1853. S. 69—84.

[4]) Newton, Optice. Ed. Clarke. Lausannae, 1740. 4. p. 111.

[5]) Maxwell, Philosophical Transactions. 1860. p. 57—84.

[6]) Stockes, Pogg. Ann. Bd. LXXXVII. 1852. S. 480—490. Bd. LXXXIX. 1853. S. 627. 628, Philos. Transact. 1852. p. 463 und 1853 p. 385, und hieraus in Pogg. Ann. Ergänzungsband IV. 1854. S. 177—345, und Bd. XCVI. 1855. S. 522—43.

[7]) Stockes, Pogg. Ann. Ergänzungsband IV. 1854. S. 261, und Bd. XCVI. 1855. S. 536.

[8]) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. XCIV. 1854. S. 205—211. Setschenow, Graefe's Arch. f. Ophtalm. Bd. V. Abth. 2. 1859. S. 205—208. Helmholtz, Physiol. Optik. S. 234.

[9]) Stockes, Pogg. Ann. Ergänzungsb. IV. S. 259.

gungen der Aethertheilchen und der körperlichen Molecule abhängigen Erscheinungen die Aufmerksamkeit des Physiologen fesseln. Das hierdurch sichtbar gemachte, den chemischen Strahlen vorzugsweise angehörende und daher photographisch darstellbare ultraviolette Spectrum, die zahlreichen in ihm vorkommenden dunkeln Linien, die Bestimmung der zugehörigen Wellenlängen, und die Möglichkeit, auch einen grossen Theil des diesseit des rothen Anfanges in dem Gebiete des Wärmespectrums liegenden Spectrums dem Auge kenntlich zu machen, bildeten Bereicherungen des Wissens, die sich den anderen geschilderten Erweiterungen der optischen Kenntnisse würdig anschlossen.

II. Spektroskope.

Newton [1]) leitete einen Sonnenstrahl durch die Oeffnung des Fensterladens eines verdunkelten Zimmers, und stellte auf dessen Wege ein Prisma so auf, dass die Brechungen an der Ein- und der Austrittsfläche die gleichen waren, mithin der Winkel der kleinsten Ablenkung, wie man jetzt sagt, benutzt wurde [2]). Er fing das Spectrum unmittelbar oder nach Einschaltung einer Linse auf einem weissen Papierschirme auf [3]). Die späteren Optiker verbesserten dieses Verfahren durch den Gebrauch des Heliostaten, der die Untersuchung durch die Bewegung der Sonne nicht mehr stören liess, durch die Wahl sorgfältig hergestellter feiner Spalten statt der nach Newton oft genommenen grösseren runden Oeffnung, die ein unreineres Spectrum liefert und die Erkenntniss der dunkeln Linien gehindert hatte, und durch die passende Benutzung von Schirmspalten vor oder hinter dem Prisma. Fraunhofer [4]) ersetzte den Schirm durch das mit einem Fernrohre bewaffnete und Broch [5]) durch das freie Auge.

---

[1]) Newton, Optice. Latine vertit S. Clarke. Lausannae, 1740. p. 18. 19.

[2]) Wie Newton die Spectraluntersuchung überhaupt schuf, so entdeckte er auch, dass man die besten Bilder erhält, wenn man sich des Winkels der kleinsten Ablenkung bedient (a. a. O. p. 18).

[3]) Newton, Lib. I. P. II. Tab. I. Fig. 1. 2.

[4]) Fraunhofer a. a. O. S. 202.

[5]) Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. S. 114.

Die Spektroskope gestatten die Untersuchung bei jeder Art von Beleuchtung und machen den Gebrauch eines besonderen dunkeln Zimmers überflüssig. Sie zerfallen in dieser Hinsicht in zwei Classen. Die einen benutzen das Fraunhofer'sche Princip und sind daher mit einem Fernrohr versehen. Die anderen stützen sich auf die Bemerkung von Wollaston [1]) und Broch [2]) und lassen das Spectrum ohne Weiteres von dem Auge aufnehmen. Kirchhoff und Bunsen [3]) beschrieben zuerst eine Vorrichtung, in der das Licht der Gasflamme durch eine kleine Spalte eindrang. Da die letztere in dem Hauptbrennpunkte einer Linse stand, so traten die Strahlen parallel an der entgegengesetzten Fläche derselben heraus. Sie gelangten auf ein drehbares Schwefelkohlenstoffprisma, dessen Drehungsachse einen Spiegel trug, um zugleich den Wendungswinkel und die Orte der Linien mittelst des Fadenkreuzes des Beobachtungsfernrohrs nach Gauss'scher Methode bestimmen zu können. Eine äussere Bedeckung eines undurchsichtigen Körpers, z. B. eines schwarzen Tuches, schützte vor dem Eindringen fremder Lichtstrahlen. Jene Forscher [4]) kamen auch später bei ihrer Verbesserung des Apparats auf den fruchtbaren Gedanken, die gänzliche Zurückwerfung zu benutzen, um das Spectrum einer zweiten Lichtquelle neben dem Sonnenspectrum in dem Gesichtsfelde zu erzeugen oder eine Skale auf das Spectrum projiciren zu lassen und die Orte der einzelnen Linien mit diesem Hilfsmittel genauer zu bestimmen. Ein Gestell trug das Flintglasprisma. Das Eintrittsrohr des Lichtes führte an dem einen Ende die zwei Platten, welche die Spalte offen liessen. Es enthielt eine Sammellinse an dem anderen Ende. Ein Fernrohr mit 8facher Vergrösserung leitete das Spectrum in das Auge des Beobachters. Da die untere Hälfte der Spalte durch ein kleines gleichseitiges Prisma gedeckt war, so konnte dieses das Spectrum einer seitlichen Lichtquelle durch gänzliche Zurückwerfung und die obere Spaltenhälfte das einer anderen direct erzeugen. Ein Zwischenschirm schützte vor der Vermischung der beiderlei Lichtstrahlen. Ein anderes Seitenrohr enthielt eine Skale und eine Sammellinse, um die Gradeintheilung durch gänzliche Zurückwerfung in's Auge

---

[1]) Siehe oben S. 2. Anmerk. [6].

[2]) Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. 1845. S. 114.

[3]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 162. 163.

[4]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CXIII. 1861. S. 374. Vgl. auch Fresenius in seiner Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. I. 1862. S. 49—52.

gelangen zu lassen[1]). Der grosse mit vier Steinheil'schen Prismen versehene Apparat, dessen sich Kirchhoff[2]) zu seinen ausführlichsten oben erwähnten Spectralstudien bediente, beruhte im Wesentlichen auf denselben Grundlagen.

Wir wollen nun drei Spektroskope, die ich zu den später zu erwähnenden Beobachtungen benutzte, genauer kennen lernen. Das erste betrachtet das Spectrum mit bewaffnetem Auge. Die beiden anderen untersuchen es ohne Weiteres.

Eine von Ruhmkorff verfertigte Vorrichtung besteht aus einem Stative, welches das Rohr der Eintrittsspalte und der die Strahlen parallel machenden Linse a, b, c, Fig. 2 a. f. S., ein Glasprisma d und ein kleines astronomisches Fernrohr e f mit Fadenkreuz trägt. Die drei Fussschrauben haben zunächst den Zweck, den Apparat wagerecht zu stellen. Benutzt man aber die bald zu erwähnende, sehr feine und unveränderliche Spalte, so gewährt die Schiefstellung des Apparates durch einseitiges Aufschrauben den wesentlichen Vortheil einer grösseren Lichtstärke des Spectrums, wenn ein lebhafteres Licht von einem höheren Punkte aus in die Vorrichtung gelangt.

Der Ansatz, den diese ursprünglich enthielt, führte eine 5 Millimeter lange und $^1/_{30}$ Millimeter breite Spalte, die zwei scharfkantige, sonst von innen mit einem schwarzen Rahmen gedeckte Stahlplatten erzeugten. Ich liess mir später einen zweiten innen geschwärzten Ansatz anfertigen, der eine feste Platte, a Fig. 1, und eine durch eine Mikrometerschraube c verschiebbare Platte b enthält. Beide sind mit zugeschärften Gravesand-schen Schneiden versehen. Man kann auf diese Weise die Breite des Spaltes beliebig ändern, und das Spectrum für physikalische Bestimmungen schärfer und für die chemische Spectralanalyse etwas weniger scharf und dafür heller machen. Die Platten brauchen nicht aus Stahl zu bestehen. Neusilber und selbst Messing können bei sauberer Arbeit hinreichen. Die Mikrometerschraube muss besonders in der Nähe des gänzlichen Schlusses gut gehen, damit man die kleinsten Veränderungen in der Breite des schmalen Spaltes mit Sicherheit hervorrufen könne. Die Art und Weise, wie man die Länge des letzteren beschränkt, wird uns später beschäftigen.

Fig. 1.

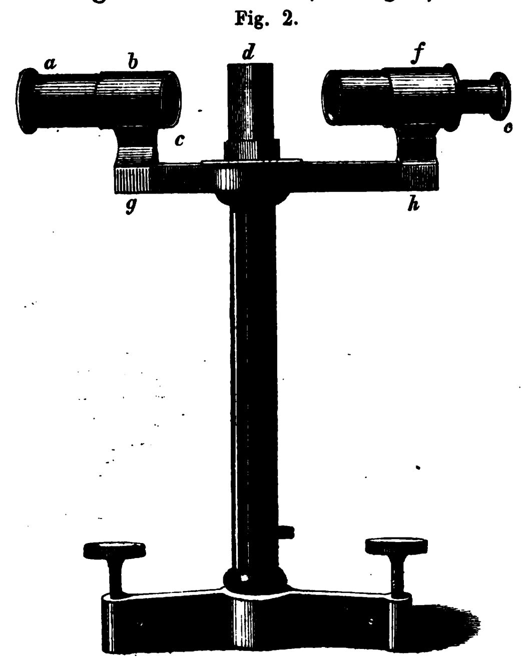
a b c

[1]) Eine einfache zu chemischen Untersuchungen passende Form dieser Vorrichtung geben Kirchhoff und Bunsen in C. R. Fresenius Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. I. 1862. 8. S. 139. 140.

[2]) Kirchhoff, Sonnenspectrum. Taf. III.

Die durch die Spalte gedrungenen Strahlen gelangen in ein innen geschwärztes Rohr, a Fig. 2, das man in einem zweiten Rohre b vor- und rückwärts schieben kann. Das letztere trägt die Sammellinse c an dem entgegengesetzten Ende. — Man kann die Spalte durch Verschiebung ihrer Fassung so einstellen, dass sie in den Hauptbrennpunkt der Linse c fällt, die Strahlen also parallel austreten oder dass sie der wechselseitigen Brennebene der später zu erwähnenden Kreuzfäden des Fernrohres entspricht. Das Prisma d, das die von c kommenden Strahlen aufnimmt, besteht aus stark zerstreuendem Flintglas, hat eine Höhe von $4^1/_2$ Centimeter und liefert als Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck von je 21 Millimeter Seitenlänge. Der brechende Winkel beträgt also 60^0. Da sich die Platte, auf der es senkrecht steht, durch g in einer wagerechten Ebene drehen lässt, so vermag man es unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung an der rechten sowohl, als an der linken Seite einzustellen. Das Anziehen einer Schraube befestigt es an einem der gewählten Orte.

Fig. 2.



Ein mit einem Fadenkreuze versehenes astronomisches Fernrohr e, das sich mit seiner Hülse f durch h wagerecht drehen und an einem beliebigen Punkte mittelst einer Schraube feststellen lässt, macht es möglich, das Spectrum umgekehrt und vergrössert zu betrachten; den senkrechten Längsfaden oder den Kreuzungspunkt der beiden senkrecht oder schief gestellten Fäden auf einer beliebigen Stelle, die einem Punkte eines Absorptionsbandes oder einer hellen Linie entspricht, einzustellen und dann den Ort mit den Fraunhofer-schen Linien des Sonnenspectrums zu vergleichen. Das Fadenkreuz, das sich in der Blendungsöffnung unterhalb des Ramsden'schen Oculares befindet, muss natürlich zu diesem Zwecke mit derselben

Schärfe, wie die Bänder oder Linien, mithin wie das Spectrum überhaupt gesehen werden. Man stellt daher zuerst das Ocular auf den Ort der grössten Deutlichkeit der Kreuzfäden ein und schiebt dann das die Eintrittsspalte führende Stück in seinem Rohre so lange vor- oder rückwärts, bis die Ebene, in der sich die Spalte und die, in welcher sich das Fadenkreuz befindet, wechselseitige Brennebenen bilden. Der Spalt selbst muss immer senkrecht stehen, damit ein reines und möglichst scharfes Spectrum zum Vorschein komme.

Ich liess mir noch eine Nebenvorrichtung machen, um das in v Fig. 4 S. 22 und vwxy Fig. 5 S. 23 abgebildete Skalenrohr des Schweelkohlenstoff-Spektroskopes an diesem Apparate benutzen zu können. Eine an der Stativplatte zu befestigende Klammer träg teinen um seine senkrechte Achse drehbaren cylindrischen Stift und dieser ein elastisches Rohr, welches das Skalenrohr aufnimmt. Die Skale kann dann in die gleiche Höhe als die Achse des Fernrohres e Fig. 2 gebracht werden. Die Klammer, die man nicht zu stark anziehen darf, um nicht die Drehung des Fernrohres zu hemmen, wurde in dieser Abbildung nicht gezeichnet, damit die Ansicht des Prismas d nicht beeinträchtigt würde. Da das Fernrohr vergrössert, so setzt man in das Skalenrohr eine einzige möglichst schwache Linse, um eine grosse Zahl von Graden in dem Gesichtsfelde zu haben. Man stellt den Brennpunkt des Oculars auf das Bild der Skale und richtet darnach die Stellung der Eintrittsspalte durch Vor- und Rückschieben des Spaltenrohres. Das Licht einer in der Spaltenrichtung befindlichen Kerzenflamme projicirt dann die Skale auf das Spectrum.

Da der Winkel der kleinsten Ablenkung mit der Farbe wechselt, so darf man natürlich nicht das Prisma mittelst der ihm entsprechenden Schraube feststellen, wenn man genaue Beobachtungen machen will. Das Fernrohr bleibt ebenfalls wagerecht drehbar, weil das Gesichtsfeld desselben nicht gestattet, die ganze Länge des Spectrums auf einmal zu übersehen. Hat man längere Zeit nur eine einzelne Stelle zu untersuchen, so befestigt man es der Sicherheit wegen durch Anziehen der Druckschraube.

Man deckt das Prisma mit einer schwarzen, mit den nöthigen Ausschnitten versehenen steifen Hülse und diese wiederum mit mehreren Lagen schwarzen Tuches oder Sammets, die man zusammenbindet, um alles fremde Licht abzuhalten. Das Spectrum fällt natürlich um so reiner aus, je mehr man jede Spur von Licht, das nicht die Eintrittsspalte durchsetzt, ausgeschlossen hat. Man kann in dieser

Hinsicht nicht vorsichtig genug sein, wenn es sich um feinere Beobachtungen handelt.

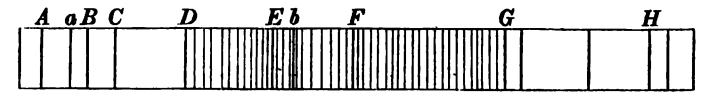
Das eben geschilderte Spektroskop macht es eben so, wie die beiden folgenden mit keinen vergrössernden Linsen versehenen Instrument möglich, noch in dem Dämmerlichte eines Wintertages zu arbeiten. Man erkennt dann noch leicht eine Reihe der dunkeln Linien.

Da das Spectrum von Roth nach Violett in wagerechter Richtung fortschreitet, in dieser also seine Länge hat, so stehen die Fraunhofer'schen Linien senkrecht. Man sieht aber in der Regel noch andere und zwar wagerechte Linien mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit. Sie rühren von Unebenheiten des Spaltes her. Kann man eine solche Linie durch die Reinigung der die Spalte erzeugenden Blätter nicht fortbringen, so lehrt dieses, dass die Kanten der letzteren nicht genau genug geradlinigt ausgearbeitet worden. Eine gute Vorrichtung darf daher nur variable, von anhaftenden Staubtheilchen herrührende wagerechte Linien geben. — Diese liefern aber dann ein passendes Mittel, die Eintrittsspalte des Lichtes genau einzustellen. Sie hat nur dann die nöthige Entfernung vom Prisma, wenn man die senkrechten Fraunhofer'schen, die wagerechten Staublinien und die Kreuzfäden des Fernrohres (oder die Grade der projicirten Skale) mit gleicher Deutlichkeit sieht, da nur dann die Eintrittsebene des Lichtes der conjugirten Brennebene der mit dem Ocular betrachteten Diaphragmenebene (oder des reflectirten Skalenbildes) entspricht.

Bedient man sich einer Spalte, deren Breite $^1/_{30}$ bis $^1/_{10}$ Mm. beträgt, so zeigt dann das Spectrum eine Menge untergeordneter Linien ausser den Fraunhofer'schen Hauptlinien, selbst noch in dem Dämmerlichte. Man sieht die grösste Zahl von diesen zwischen D, E, b und F und vorzugsweise im Grün, wenn man das Prisma für die kleinste Ablenkung der mittleren Strahlen des Spectrums eingestellt hat. Dreht man es dann so, dass die Minimalabweichung den rothen Strahlen zukommt, so erblickt man immer a, B und C sehr gut. Man erkennt aber auch A unter irgend günstigen Verhältnissen. Alle diese Linien so wie F können schon bei der Einstellung des Prisma auf Grün wahrgenommen werden. Der blaue und der violette Theil des Spectrums lieferte minder günstige Ergebnisse, weil er an und für sich lichtschwächer ist und viel Licht durch die Untersuchung mit dem Fernrohre der unvermeidlichen Reflexion und Absorption wegen verloren geht. Eine Reihe von

Linien wird dessenungeachtet noch zwischen F und G leicht erkannt. Fig. 3 zeigt uns die Linien, die man in hellem Tageslichte

Fig. 3.



wahrnimmt, wenn man Spalten von $^1/_{30}$ bis $^1/_{10}$ Millimeter braucht, das Prisma auf die kleinste Ablenkung des bei E liegenden Bezirkes eingestellt und das Ocular des Fernrohres nicht, wie sonst, mit einer schwarzen Scheibe zur Abhaltung alles störenden Seitenlichts umgeben hat. Es versteht sich von selbst, dass die Schärfe, mit der man bestimmte Linien, z. B. a, B, C sieht, ein Kennzeichen abgiebt, ob die minimale Ablenkung dieser Gegend, also dem Roth entspricht oder nicht.

Benutzt man die veränderliche Spalte, so kann man die Breite derselben bis auf 3 Millimeter vergrössern, ohne dass die Fraunhofer'schen Hauptlinien unkenntlich werden. Die Farbenreinheit leidet natürlich um so mehr, je breiter die Spalte wird. Die grössere Helligkeit, die man dadurch gewinnt, ist von wesentlichem Nutzen für manche Untersuchungen von Flüssigkeiten und für spectralanalytische Bestimmungen. Die letzteren werden gewöhnlich angestellt, wenn sich die breiteren Fraunhofer'schen Linien eben noch mit erträglicher Deutlichkeit erkennen lassen.

Das zweite Spektroskop, das ich benutzte, war das von Wild verbesserte Mousson'sche [1]). — Zwei Gravesand'sche verschiebbare Schneiden eines Ansatzes, wie er Fig. 1 gezeichnet worden, führen in ein mit zwei Blendungen versehenes Rohr und dieses in einen Kasten, der zwei stark zerstreuende Flintglasprismen enthält. Man kann jedes von diesen durch einen aussen angebrachten Griff um seine Längsachse drehen. Das erste wird zuvörderst unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung eingestellt. Man richtet das zweite, bis es die Strahlen des ersten in ähnlicher Weise aufnimmt und dieselben natürlich noch mehr zerstreut. Die Oeffnung, durch die man in den Kasten sieht, ist so gestellt, dass man das erste oder das zweite Spectrum je nach der Richtung der Sehachse erblicken kann. Das letztere, das man zu den gewöhnlichen Beobachtungen benutzt, ist verhältnissmässig lang und zeigt nicht nur die Fraunhofer'schen Haupt-, sondern auch zahlreiche untergeordnete Linien.

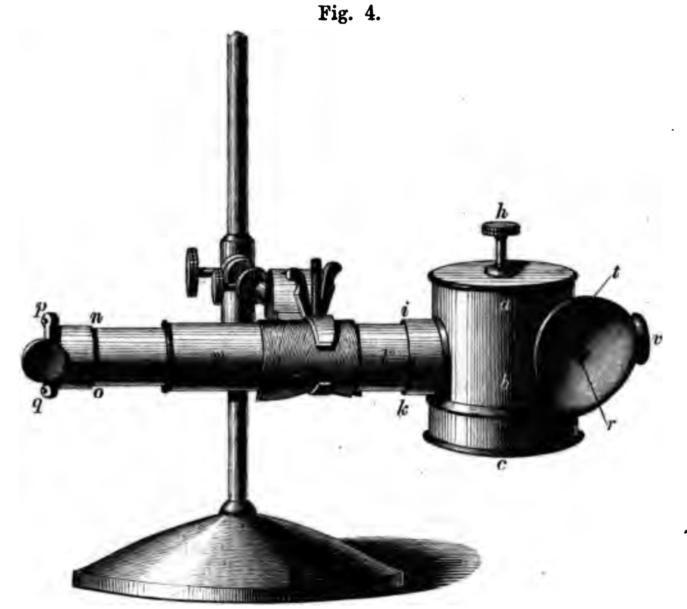
---

[1]) Siehe oben S. 12, Anmerkung 1.

Die Möglichkeit der Benutzung des ersten kürzeren Spectrums hat den Vortheil, dass man das violette Ende, das hier lichtstärker als in dem längeren ist, besser unterscheiden kann. Es ergiebt sich von selbst, dass der Gebrauch zweier Prismen etwas Helligkeit verlieren lässt. Diese ist aber immer noch so gross, dass sich der Apparat zu allen gewöhnlichen Spectralanalysen besser eignet, als ein mit einem Fernrohre versehenes Spektroskop, in dem nicht die Helligkeit durch sehr grosse Linsen mit ausgedehntem Gesichtsfelde besonders begünstigt wird. Die Ansicht, dass der Gebrauch zweier Prismen auch an Schärfe des Bildes in merklicher Weisse einbüssen lasse, ist nicht begründet.

Da der Schwefelkohlenstoff stärker zerstreut als das Flintglas, so lässt sich erwarten, dass ein mit einem Schwefelkohlenstoffprisma versehenes Spektroskop ein grösseres Spectrum, als das mit einem Flintglasprisma versehene Mousson'sche und ein kleineres, als das mit zwei Prismen ausgestattete Wild'sche unter sonst gleichen Verhältnissen liefern wird. Genügt die Länge des Spectrums zu den beabsichtigten Zwecken, so erhält man den wesentlichen Vortheil grosser Helligkeit und Schärfe. Diese Erwartungen bestätigten

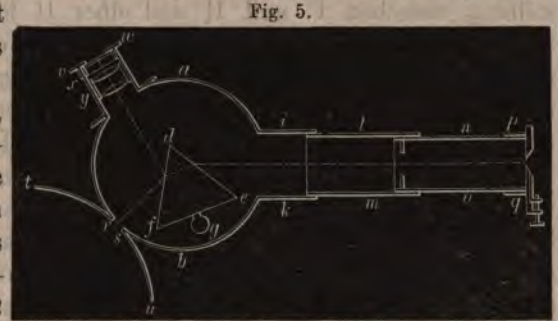
Fig. 4.



sich für ein Spektroskop, das ich zu physiologischen Zwecken anfertigen liess und das Fig. 4 in seiner äusseren Ansicht und

Fig. 5 in idealem Querschnitt zeigt. — Ein runder innen geschwärzter Kasten a b Fig. 4 und 5, der durch einen Deckel c Fig. 4 geschlossen wird, enthält ein fast gleichseitiges Schwefelkohlenstoffprisma d e f Fig. 5, dessen Einfüllungsmündung bei g liegt. Jede Seite des dreieckigen Prismen - Querschnittes misst 35 Millimeter. — Die Höhe beträgt 32 Millimeter. Das Prisma ist in einer dreieckigen Fassung eingekittet, damit man den Apparat in der Fig. 4 gezeichneten oder in der umgekehrten Stellung (mit c nach oben) ohne Gefahr brauchen könne. Ein Halter h Fig. 4 macht es möglich, das Prisma von aussen her um seine Längsachse zu drehen und unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung einzustellen.

Fig. 5.



Die viereckige Durchsichtsöffnung, r Fig. 4 und r s Fig. 5, ist mit einem geschwärzten länglichrunden und concaven Blechschirme, t Fig. 4 und t u Fig. 5, den man auch ohne wesentlichen Nachtheil entfernen kann, umgeben. Er soll das Seitenlicht vom Auge abhalten.

Das Ringstück i k trägt ein erstes Einsatzrohr l m. Ein zweites n o ist in diesem, wie in einem Fernrohre, eingeschoben. Wir wollen es daher das Auszugsrohr nennen. Das Ende desselben wird mit dem Endstück p q, das die Neusilberplatten mit den Gravesand'schen Schneiden trägt, gedeckt. Man sieht an ihm die Mikrometerschraube, welche die eine Platte vor- und rückwärts schiebt und daher die Breite der Eintrittsspalte bestimmt. Das Ansatzrohr führt in seinem nach dem Prisma sehenden Endtheile eine in Fig. 5 gezeichnete Blendung, deren Durchgangsöffnung 14 Millimeter im Durchmesser hat. Die Höhe der Eintrittsspalte des Lichtes beträgt 25 Millimeter.

Fig. 6.



Die Vorrichtung liefert ein sehr helles und scharfes, bei der grossen Zerstreuung des Schwefelkohlenstoffes verhältnissmässig weit ausgedehntes Spectrum von ungefähr $1^1/_2$ Centimeter Länge, wie es Fig. 6 (abgesehen von s α und s β) zeigt. Man erkennt die Fraunhofer'schen

Hauptlinien C, D, E, b, F, G, H und eine grosse Anzahl untergeordneter Linien, vorzüglich zwischen D und F, oder bei anderer Einstellung zwischen F und H und über H hinaus, wenn man die Spalte bis auf $^1/_{10}$ Mm. verkleinert hat und diffuses Tageslicht von mässiger oder selbst von geringer Helligkeit gebraucht. B erscheint in der Regel matter und a nur bei grösserer Helligkeit. Die Einrichtung, dass man das Auszugsrohr vor- und zurückschieben kann, wie in einem Fernrohre, hat zum Zwecke, es verschiedenen Personen möglich zu machen, die Spalte in wechselnden, von ihrer mittleren Sehweite abhängigen Entfernungen einzustellen und sich so das Spectrum mit möglichster Schärfe vorzuführen. Ein Weitsichtiger wird hierzu natürlich einen längeren Auszug als ein Kurzsichtiger nöthig haben. Man kann auf diese Weise die Entfernung des Spaltes, von der ersten Prismenfläche (von p q bis d e Fig. 5) zwischen 16 und 26 Centimeter wechseln lassen.

Ein Seitenrohr trägt einen vor- und rückschiebbaren Einsatz v w, Eig. 5 (oder v Fig. 4), in dem sich ein bis auf eine quere Skalentheilung geschwärztes Glas von Salleron in Paris befindet. Die Skale hat Theilstriche, die um $^1/_{17}$ Millimeter wechselseitig abstehen. Das Rohr enthält zwei auf einander folgende Linsen x und y Fig. 5. Es kann wagerecht in einem Falze verschoben werden. Man nimmt es aus diesem heraus und richtet den Einsatz, bis man die Theilstriche der Skale vergrössert und möglichst scharf durch die andere Oeffnung, also mittelst der beiden Linsen x und y sieht. Nun schiebt man es in den Falz so ein, das ein Theil der Skale m n Fig. 6 mitten durch das Spectrum zu gehen scheint, wenn man die Lichtstrahlen einer Kerze oder ein anderes helleres Licht durch v w einfallen lässt. Da die Flamme mehr als einen Fuss entfernt sein kann, wenn man die Striche in gewöhnlichem Tageslicht und noch besser bei Verdunkelung der Umgebung des Spektroskopes sieht, so hindert sie auch nicht den durch die Durchsichtsöffnung r s blickenden Beobachter. Die Verschiebbarkeit der ganzen Röhre v w x y in wagerechter Richtung und des das Skalenglas tragenden Einsatzes v w von vorn nach hinten erleichtern die Einstellung für die Verschiedenheiten der Lage der Kerzenflamme und der Kurz- und der Weitsichtigkeit des Auges[1]). Braucht man das Skalenrohr an dem

---

[1]) Ueber die Ablesung solcher Skalen bei grösseren Apparaten, die Beziehungen der Grade zu den Drehungen des Prisma und der Verbreiterung des Spectrums siehe J. M. Wilson Philos. Magaz. Vol. XXII. 1861. p. 364—69.

Fig. 2 S. 18 abgebildeten Spektroskope, so schiebt man in den Falz von Fig. 5 eine Blechplatte, die alles äussere Licht abhält.

Hat man beide Linsen des Skalenrohres, so erhält man eine $12\frac{1}{2}$ malige Vergrösserung. Man kann auch je eine herausnehmen und die zweite allein in den Focus stellen, wenn man eine schwächere Vergrösserung, also eine feinere Theilung benutzen will.

Die Vertauschung des Schwefelkohlenstoffprismas mit zwei Flintglasprismen fordert nur eine Aenderung des Bodens oder des Deckels und die mit einem zu Fluorescenzbeobachtungen geeigneten Quarzprisma einen Wechsel der dreieckigen] Fassung des Basaltheiles des Prisma.

Benutzt man den mit den verschiebbaren Gravesand'schen Schneiden Fig. 1 S. 17 abgebildeten Ansatz in dem zuerst beschriebenen mit dem Fernrohre versehenen Spektroskope, so ist die Spalte so lang, dass das Spectrum das ganze Gesichtsfeld ausfüllt. Die sphaerische Abweichung lässt es ausgehöhlt und daher an einzelnen Stellen schärfer als an anderen erscheinen. Man vermeidet diesen Uebelstand, wenn man nur eine kleine Länge der in der Mitte befindlichen Spalte giebt, folglich eine geringe Höhe dem in den Centralbezirk des Gesichtsfeldes fallenden Spectrum verleiht. Ich suchte dieses durch geschwärzte Messingplatten zu erreichen. Da ich einmal zu diesen Nebenstücken griff, so lies ich mehrere Kreisblättchen von den Fig. 7, 8 und 9 gezeichneten Formen anfertigen, die auch noch zu anderen Zwecken dienen konnten. Man brachte sie in den Ansatz Fig. 1 mittelst einer passenden geschwärzten Korkfassung hinter die Spalte des mit dem Fernrohre versehenen Spektroskopes Fig. 2 oder hinter p q der das Schwefelkohlenstoffprisma enthaltenden Vorrichtung Fig. 4. Das Fig. 7 dargestellte Blättchen hat einen oblongen Ausschnitt, damit man ein höheres oder minder hohes Spectrum erzeugen könne. Das Fig. 8 gezeichnete giebt zwei Spectren, so dass man zwei verschiedene Lichtarten vergleichen kann, vorausgesetzt, dass man es durch eine Nebenvorrichtung verhütet, dass keine von beiden durch die zwei Spalten zugleich eindringt. Der Zwischenraum, der die beiden viereckigen Oeffnungen in dem Metallblättchen trennt, darf nicht zu schmal sein, weil sonst Täuschungen durch Beugungserscheinungen oder durch subjective Wirkungen der Netzhaut des


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

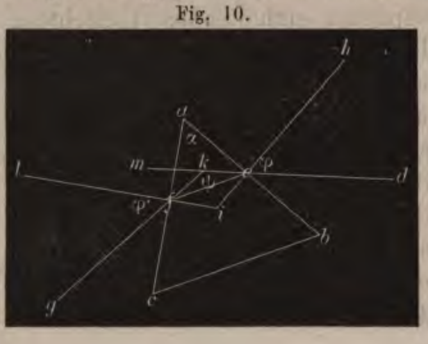
Beobachters möglich werden. Der V förmige Ausschnitt in Fig. 9 dient zu Versuchen über die Mischung der Spectralfarben.

Handelt es sich darum, eine Flüssigkeit, die nur Spuren von Absorptionsbändern giebt, z. B. Wasser, das ein Minimum von Blutfarbestoff enthält, genauer zu untersuchen, so verfährt man am besten, wenn man das Licht der Eintrittsspalte zur Hälfte durch die erwähnte Probeflüssigkeit und zur anderen Hälfte durch blosses Wasser leitet. Man dreht zu diesem Zwecke das Fig. 4 abgebildete Spektroskop so, dass die Eintrittsspalte nicht senkrecht, sondern wagerecht und die Durchsichtsöffnung r s nach oben kommt und hält vor der Spalte zwei gleich weite Reagenzgläschen mit Wasser und der Probeflüssigkeit neben einander. Es genügt auch oft nur die Hälfte des Spectrums dem Einflusse der Untersuchungsflüssigkeit auszusetzen, wie es Fig. 18 darstellt.

Man kann den mit h Fig. 4 S. 22 bezeichneten Halter, mit dem man das Schwefelkohlenstoffprisma um seine Längsachse dreht, herausschrauben, wenn man ein aus anderer Masse bestehendes Prisma statt desselben gebrauchen will. Es kann zunächst von Interesse sein, ein Prisma von Flintglas oder von dem stark brechenden Faraday'schen Glase einzusetzen. Da aber diese Glasarten und in noch weit höherem Grade der Schwefelkohlenstoff die übervioletten Strahlen nicht durchlassen, so muss man ein Quarzprisma gebrauchen, wenn man das Spektroskop für Beobachtungen dieser Art von Licht herstellen will. Dieses ist der Hauptgrund, weshalb ich es auf die erwähnte Weise einzurichten suchte, dass ein solcher Wechsel in kürzester Zeit möglich bleibe.

Wir wollen nun untersuchen, wie sich die Ablenkung und die Breiten der Spectra für ein Flintglas-, ein Schwefelkohlenstoff- und ein Quarzprisma gestalten und wo demgemäss die Durchsichtsöffnung r s Fig. 5 S. 23 und die Oeffnung für das Skalenrohr v w x y in diesen drei Fällen liegen müssen.

Fig. 10.



Denken wir uns, das Prisma sei a b c Fig. 10. Die brechenden Flächen a b und a c schliessen den brechenden Winkel α an der bei a senkrecht durchschnittenen brechenden Kante ein. Der Strahl d e wird bei e abgelenkt, dringt in der Richtung e f durch, wird bei seinem

Austritte f zum zweiten Male gebrochen und geht in f g weiter. Bleiben die übrigen Nebenbedingungen gleich, so hängt die Richtungsbeziehung des ein- und des austretenden Strahles d e und f g von dem Einfallswinkel φ oder dem Winkel, den d e mit der auf a b senkrechten Linie e h macht, ab. Dieser wechselt aber, wenn man das in seinem Querschnitt a b c gezeichnete Prisma um seine Längsachse, d. h. um eine auf der Ebene des Papieres senkrechte Linie dreht. Man findet dann eine Stellung, bei welcher der Winkel m k g, den der eintretende Strahl d e und der austretende f g bei ihrer Verlängerung innerhalb des Prisma machen und der die Grösse der Ablenkung des in die Richtung f g fallenden prismatischen Bildes misst, einen kleinstmöglichen Werth erhält, die Ablenkung also auf ein Minimum gebracht worden. Man erkennt den Bezirk dieser Einstellung unter dem Winkel der geringsten Ablenkung daran, dass geringe Drehungen des Prismas um seine Längsachse weit unbedeutendere Ortsveränderungen des Bildes herbeiführen als sonst[1]). Wir werden aber in dem von den einfachen Farben handelnden Abschnitte sehen, dass nur diese Stellung vollkommen genügende Spectralbilder der Eintrittsspalte liefern kann. Sie muss daher für alle an dem Spektroskope anzustellenden Beobachtungen aufgesucht werden.

Man kann nach den für die Maxima und die Minima gültigen Regeln der Differentialrechnung[2]) oder auch schon elementar[3]) beweisen, dass die Einstellung unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung eine Reihe symmetrischer Gleichheitsbeziehungen und andere für manche Bestimmungen wichtige Verhältnisse zur Folge hat.

1) Der Einfallswinkel φ Fig. 10 des eintretenden Strahles gleicht dem Brechungswinkel φ' des austretenden oder die Brechungen sind beiderseits gleich, wenn man von dem Innern des Prisma ausgeht. Diese Eigenschaft gilt nicht blos für das Minimum, sondern auch für das Maximum der Ablenkung[4]).

---

[1]) Dass dieses Newton schon wusste, erhellt aus dessen Optice Ed. Clarke 1740. 4. p. 18.

[2]) Siehe z. B. J. C. E. Schmidt, Lehrbuch der analytischen Optik. Göttingen, 1834. 8. S. 348—52, und Brandes in Gehler's physikalischem Wörterbuch. Bd. VII. Abth. II. Leipzig, 1834. 8. S. 929. 930. Vgl. auch Helmholtz, Physiologische Optik. S. 252—256.

[3]) A. Kunzek, Die Lehre vom Lichte. Lemberg, 1836. 8. S. 100—102. Vgl. schon J. Newton, Lectiones opticae in dessen Opusculis. Ed. Castillioneus. Tom. II. Lausannae, 1744. 4. p. 159.

[4]) Ein elementarer Beweis des letzteren Ausspruches findet sich schon bei Newton,

2) Nennen wir den Winkel d e b, den der eintretende Strahl d e mit seiner Brechungsfläche a b macht, den Neigungswinkel desselben und wenden auch denselben Ausdruck auf den Winkel g f c des austretenden Strahles an, so können wir sagen, dass beide Neigungswinkel bei der Einstellung des Prisma für die kleinste Ablenkung gleich sind, weil sie den ihnen entsprechenden Einfalls- oder Brechungswinkel zu 90^0 ergänzen.

3) Da die Form und die Masse des Prisma gleich bleiben, so ist auch der Brechungswinkel k e f des eintretenden Strahles d e eben so gross, als der Einfallswinkel k f e des austretenden f g. k e f bildet also ein gleichschenkliges Dreieck.

4) Das erste Einfallsloth h e i steht senkrecht auf a b und das zweite l f i senkrecht auf a c. Nun ist der Winkel k e i $= \varphi =$ k f i $= \varphi'$. Mithin auch k e a = k f a. Da aber k e f = k f e, so hat man auch a e f = a f e, d. h. a e f ist ebenfalls ein gleichschenkliges Dreieck. Eine senkrechte Linie, die wir von a auf die Grundlinie e f desselben ziehen, muss daher die letztere und den Winkel α halbiren — ein Satz, den wir sogleich für das Quarzprisma brauchen werden.

5) Da i e a und i f a rechte Winkel sind, so ergiebt sich aus dem Vierecke a e i f, dass der Winkel e i f $= 180^0 - \alpha$ ist. Mithin i e f + i f e $= \alpha$. Nun sind die beiden letzteren Winkel unter einander gleich. Also i e f = i f e $= \frac{\alpha}{2}$, d. h. der Brechungswinkel des eintretenden und der Einfallswinkel des austretenden Strahles gleicht jeder der Hälfte des brechenden Winkels des Prisma.

6) Der Winkel m k g, der die Grösse der Ablenkung misst, gleicht als äusserer Winkel des Dreiecks k e f der Summe der beiden unter sich gleichen Winkel k f e und k e f. Da aber jeder von diesen den Werth $\varphi - \frac{\alpha}{2}$ hat, so folgt, dass m k g $= 2\,\varphi - \alpha$. Der Ergänzungswinkel ψ, den wir für das Spektroskop besonders berücksichtigen müssen, beträgt daher $180^0 - (2\,\varphi - a)$.

7) Das Snell'sche Brechungsgesetz giebt sin. φ = n . sin. i e f = n . sin. $\frac{\alpha}{2}$, wenn n das Brechungsverhältniss des Prisma in Beziehung auf das umgebende Mittel bezeichnet. Bildet der Quer-

---

Lectiones opticae S. 157. Wie es durch Nullsetzen des Differentialcoëfficienten erster Ordnung erhellt, siehe z. B. bei Schmidt a. a. O. S. 351.

schnitt des Prisma ein gleichseitiges Dreieck, so dass der brechende Kantenwinkel $\alpha = 60^0$ ist, so hat man den Werth sin. $\varphi = \frac{n}{2}$, weil sin. $30^0 = \frac{1}{2}$ ist.

8) Sin. φ kann höchsens = 1 werden. Der grösste brechende Winkel, den ein Prisma, das unter dem Minimalwinkel der Ablenkung eingestellt werden soll, erreichen darf, entspricht daher der Gleichung $\frac{1}{n} = \text{sin.} \frac{\alpha}{2}$. Nehmen wir n = 1,6278 für eine bestimmte Flintglassorte, so finden wir $\alpha = 75^0 48'$. Ein Prisma von Schwefelkohlenstoff mit dem Brechungscoëfficienten 1,6177 giebt $\alpha = 76^0 22'$.

9) Die Doppelbrechung des Quarzes macht noch eine andere Rücksicht nothwendig. Man erhält hier im Allgemeinen zwei Strahlen, mithin auch zwei einander zum Theil deckende Spectra. Da aber ein Strahl, der in der Richtung der optischen Achse eines einachsigen Körpers durchtritt, nur einfach und zwar ordentlich gebrochen wird, so liegt hierin ein Mittel, einfache Bilder herzustellen. Wir haben No. 4 gesehen, dass eine von α Fig. 10 auf den durchgehenden Strahl e f senkrechte Linie den Brechungswinkel α in zwei gleiche Theile theilt. Steht nun die optische Achse auf jener Halbirungslinie senkrecht, so läuft sie bei dem Minimum der Ablenkung dem Strahle e f parallel. Man hat also in diesem Falle nur ein einfaches ordentliches oder gewöhnliches Bild des Spectrums.

Da die Brechungscoëfficienten der verschiedenen Flintglassorten mit der Beschaffenheit ihrer Masse und die des Schwefelkohlenstoffs mit der Reinheit und der Wärme desselben wechseln, so lässt sich natürlich nicht im Allgemeinen sagen, wie sich die Spectra und die Richtungen der ein- und der austretenden Strahlen in beiden Fällen verhalten. Ich habe zunächst die Zerstreuungsgrössen einer von Fraunhofer [1]) als No. 13 bezeichneten Flintglassorte, ferner die des Schwefelkohlenstoffs, wie sie aus den Zahlen von Dale und Gladstone [2]) für eine Wärme von 15^0 folgen, endlich die Rudberg'schen Werthe [3]) für den Quarz, und zwar der Vollständigkeit wegen sowohl für den ordentlichen als den ausserordentlichen Strahl in Be-

---

1) Fraunhofer a. a. O. S. 223.

2) Dale und Gladstone, Ann. de Chimie. Troisième Série. Tome LVIII. 1860. p. 117. 118. Vgl. hiermit die Zahlen von Baden-Powell, Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1846. S. 112.

3) Rudberg, Pogg. Ann. Bd. XIV. 1826. S. 45.

treff der Zwischenräume der Hauptlinien bestimmt, um ein anschauliches Bild einzelner möglicher Fälle zu geben. — Wir finden hiernach:

Masse	Brechungsverhältniss für B	Zerstreuungsgrösse						
		gesammte von B bis H	B bis C	C bis D	D bis E	E bis F	F bis G	G bis H
Flintglassorte	1,6278	0,0433	0,0019	0,0053	0,0070	0,0063	0,0120	0,0108
Schwefelkohlenstoff . . .	1,6177	0,0858	0,0032	0,0094	0,0131	0,0120	0,0245	0,0236
Quarz: Ordentl. Strahl	1,5409	0,0172	0,0009	0,0024	0,0029	0,0025	0,0046	0,0039
Quarz: Ausserordentl. Strahl . . .	1,5499	0,0178	0,0010	0,0024	0,0030	0,0026	0,0047	0,0041

Wollen wir das Schwefelkohlenstoffprisma mit dem Flintglas- oder dem Quarzprisma vergleichen, so dürfen wir bei strenger Betrachtung nicht übersehen, dass die Glasplatten, die den Schwefelkohlenstoff einschliessen, nie genau planparallel sind, mithin ebenfalls wie Glasprismen wirken. Lassen wir dieses unbeachtet, so lehren die oben für die gesammte Zerstreuungsgrösse verzeichneten Werthe, dass das Schwefelkohlenstoffprisma ein fast genau doppelt so breites Spectrum liefert, als das betrachtete Flintglasprisma, das schon ein bedeutendes Zerstreuungsvermögen besitzt. Das letztere ist auch in dem borsaueren oder dem Faraday'schen Glase sehr beträchtlich. Es giebt jedoch Flintgläser, die ihm in dieser Hinsicht beinahe gleich kommen. Keines derselben erreicht aber die Zerstreuungsgrösse des Schwefelkohlenstoffes.

Der letztere giebt theoretisch ein $\frac{858}{172} = 4{,}99$ Mal so breites Spectrum als der Quarz, wenn man den ordentlichen Strahl des letzteren benutzt. Setze ich abwechselnd ein Schwefelkohlenstoffprisma und ein Quarzprisma ein, so erhalte ich ein zwar auffallend schmales Spectrum in dem letzteren Falle. Seine Breite beträgt aber mehr als $^1/_5$. Dieses hat einen doppelten Grund. Eine genauere von Wild vorgenommene Prüfung meines Quarzprismas lehrte, dass die Strahlen zwar unter kleinem Winkel, doch nicht ganz parallel der optischen Achse bei dem Minimum der Ablenkung durchgehen. Das zweite Spectrum ist daher immer um eine gewisse Strecke seitlich hinausgeschoben. Während ferner der Schwefelkohlenstoff die ultravioletten Strahlen zurückweist, sieht man den grössten Theil

derselben unmittelbar, wenn sich das Quarzprisma in dem dunkeln Raume des Spektroskops befindet.

Vergleicht man die Zerstreuungsgrössen, welche die einzelnen Zwischenräume zwischen den Fraunhofer'schen Hauptlinien geben, so bemerkt man, dass die Unterschiede von dem rothen nach dem blauen Ende des Spectrums zunehmen. Wir wollen uns die entsprechenden Verhältnisswerthe zusammenstellen und dabei das Spectrum des gewöhnlichen Strahles des Quarzes als Einheit zum Grunde legen.

Zwischenraum	Farbe	Verhältnissmässige Breite des Spectraltheiles, die des gewöhnlichen Spectrums des Quarzes = 1.	
		Flintglassorte	Schwefelkohlenstoff
B bis C	Roth	2,1	3,6
C bis D	Roth und Orange	2,2	3,9
D bis E	Gelb und Grün	2,4	4,5
E bis F	Grün und Bläulichgrün	2,5	4,8
F bis G	Blau	2,6	5,3
G bis H	Dunkelblau und Violet	2,8	6,0

Das blaue und violette Ende des Spectrum gewinnt hiernach am meisten an Breite, wenn man ein Flintglas- und absolut und relativ noch mehr, wenn man ein Schwefelkohlenstoffprisma nimmt. Der Unterschied verräth sich sogleich dem Auge seiner Grösse wegen an der dem violetten Ende entsprechenden Spectralhälfte, wenn man die Spectra des Flintglases und des Schwefelkohlenstoffes vergleicht.

Die S. 28 angeführte Formel: $\sin. \varphi = n \sin. \frac{\alpha}{2}$ lehrt unmittelbar, dass man das Prisma immer nur auf den Winkel der kleinsten Ablenkung für einen bestimmten Farbenstrahl einstellen kann, weil die Grösse des Brechungsverhältnisses n mit der Farbe wechselt und zwar von Roth nach Violet zunimmt, wenn der Strahl aus einem optisch dünneren in ein dichteres Mittel, z. B. aus der Luft in das Prisma übergeht. Wir haben ferner gesehen [1]), dass der dem Minimum der Ablenkung entsprechende einfallende Strahl denselben Winkel mit seinem Einfallslothe bildet, als der austretende Strahl mit dem seinigen. Jeder der beiden Winkel wird also kleiner für die rothen und die gelben, als für die blauen und die violetten

[1]) Oben S. 26.

Strahlen sein. Da der Winkel, den der ein- oder der austretende Strahl mit der entsprechenden brechenden Fläche des Prisma macht und den wir den Neigungswinkel des Strahles nannten, den, den er mit dem Einfallslothe einschliesst, zu einem Rechten ergänzt, folglich umgekehrt, wie dieser wächst, so muss der Neigungswinkel für die rothen und die gelben Strahlen grösser als für die blauen und die violetten sein.

Fig. 11.



Diese Betrachtungen können uns klar machen, an welchem Orte die Durchsichtsöffnungen des Spektroskopes anzubringen sind. Ist a b c Fig. 11 das unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung eingestellte Prisma und d e der von der Mitte der Eintrittsspalte herkommende Strahl, der in e f weiter geht und in der Richtung f g austritt, so muss die Mitte der Durchsichtsöffnung (r Fig. 4 S. 22 und r s Fig. 5 S. 23) von f g getroffen werden. Ziehen wir aber h f so dass der Winkel h f a = g f c, so wird ein Strahl h f, der auf die zweite brechende Fläche a c des Prisma fällt, so zurückgeworfen, dass er ebenfalls in f g verläuft. Das die Skale einschliessende Rohr (v w x y Fig. 5 S. 23) ist daher so einzufügen, dass seine Achse in h f dahin geht.

Die Neigung von d e und f g wird durch den Winkel bestimmt, den wir mit ψ in Fig. 10 S. 26 bezeichnet haben. Wir fanden aber S. 28 No. 6, dass $\psi = 180^0 - (2\,\varphi - \alpha)$ und No. 7, dass $\sin.\,\varphi = n \sin.\,\frac{\alpha}{2}$, wenn φ den Einfallswinkel des eintretenden Strahles d e und α den Brechungswinkel e a f des Prisma b a c bezeichnet. Ist dieses letztere gleichseitig, so hat man den noch einfacheren Werth $\sin.\,\varphi = \frac{n}{2}$ und $\psi = 240 - 2\,\varphi$. Der Neigungswinkel g f c des austretenden Strahles gleicht (nach S. 28 No. 2) $90^0 - \varphi$. Da aber h f a = g f c, so ist auch auf diese Art die Richtung von h f bestimmt.

Die Durchsichtsöffnung r s des Fig. 5 S. 23 abgebildeten Spektroskopes lässt das ganze Spectrum übersehen, man mag auf den Winkel der kleinsten Ablenkung, welcher Farbe man wolle, eingestellt haben. Wir können daher den mittleren Brechungscoëfficienten der Prismenmasse als den einfachsten Werth der Rechnung zum Grunde legen. Man erhält z. B. auf diese Weise:

Masse des Prisma	Mittlerer Brechungscoëfficient $= n$	Brechender Winkel des Prisma $= \alpha$	Einfallswinkel des eintretenden Strahles $= \varphi$	Neigungswinkel des austretenden Strahles $= 90^0 - \varphi$	Winkel der Achse des Spaltenrohres und der auf der Mitte der Durchsichtsöffnung des Spektroskopes senkrechten Linie $= \psi$
Flintglas . .	1,6495	60^0	$55^0\ 33'$	$34^0\ 27'$	$128^0\ 54'$
Schwefelkohlenstoff [1])	1,6606	60^0	$56^0\ 8'$	$33^0\ 52'$	$127^0\ 44'$
		$54^0\ 24'$	$49^0\ 23'$	$40^0\ 37'$	$135^0\ 38'$
Quarz . . .	Ordentl. Strahl $= 1,5581$	60^0	$51^0\ 10'$	$38^0\ 50'$	$137^0\ 40'$
		$57^0\ 48'$	$48^0\ 51'$	$41^0\ 9'$	$140^0\ 6'$

Die von 60⁰ abweichenden Winkel beziehen sich auf die von mir gebrauchten Prismen, an denen ich die Seiten des Querschnittsdreiecks maass, um den brechenden Kantenwinkel berechnen zu können. Die Erfahrung gab ungefähr $\psi = 129^0$ für das Spektroskop mit dem Flintglas- und 135^0 für das mit dem Schwefelkohlenstoffprisma. Helmholtz [2]) gebrauchte ein Quarzprisma mit einem brechenden Winkel von 50^0 für seine über die Fluorescenz der Netzhaut angestellten Untersuchungen.

Fig. 12.



Die meisten Beobachtungen, die der Physiolog oder der Arzt zu machen hat, können mit dem Fig. 4 und 5 S. 22 u. 23 abgebildeten, das Schwefelkohlenstoffprisma enthaltenden Spektroskope durchgeführt werden. Man braucht dann nicht einmal das Skalenrohr v w x y Fig. 5. Will man aber feinere Untersuchungen anstellen, so hat man ein vergrösserndes Spektroskop (Fig. 2 S. 18) ausserdem noch nöthig.

Da das Licht durch eine beschränkte Oeffnung zur Spalte des Spektroskops in manchen Fällen gelangen muss, so liess ich den Fig. 12 gezeichneten Schirm machen, der die Be-

[1]) Abgesehen natürlich von den Prismenwirkungen der Glaswände, durch welche der Strahl hindurchgeht. S. oben S. 30.

[2]) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. XCIV. 1855. S. 205.

nutzung der mannigfachsten Formen und Grössen der Oeffnungen gestattet und zugleich für die gewöhnlichen optischen Versuche im dunklen Zimmer dienen kann.

a b c d ist ein auf dem Stative e höher- oder tiefer einstellbares Viereck, das mit schwarzem Sammet an der in der Figur aufgenommenen Seite überzogen worden. Das umgeschlagene und angehakte Sammetstück f wird heruntergelassen, wenn man das bei c einfallende Licht abhalten will. Da die Hinterfläche des Schirmes mit weissem Papiere bekleidet ist, so kann sie gelegentlich benutzt werden, um ein Spectrum aufzufangen.

Die Sammetseite trägt zwei Scheiben, eine vordere feste und eine hintere drehbare. Die erstere führt zwei mit Gravesand'schen Schneiden versehene Platten g und h, von denen die eine g von freier Hand schlittenartig, die andere h mittelst einer Mikrometerschraube vor- und rückwärts in wagerechter Bahn bewegt werden kann. Man vermag auf diese Weise einen Spalt herzustellen, dessen Breite von einem kleinen Bruchtheile eines Millimeters bis auf 22 Millimeter zu wechseln im Stande ist. Die zweite hintere Scheibe i besitzt sechs Oeffnungen von 2, 5, 10, 15, 20 und 30 Mm. die einzelnen und einen grösseren undurchbohrten Bezirk k. Da sie senkrecht stehend sich um eine wagerechte, durch den Mittelpunkt gehende Achse drehen lässt, so gestattet sie eine dreifache Benutzung.

1) Will man eine runde Oeffnung von 2 bis 20 Mm. oder den grössten Theil der von 30 Mm. gebrauchen, so entfernt man die Platten g und h in entsprechender Weise und dreht die Scheibe so, dass z. B. die Durchgangsöffnung von 20 Mm., wie die Figur zeigt, zwischen g und h zu stehen kommt.

2) Soll nur eine Spalte gebraucht werden, so erzeugt man sie durch die gegenseitige Annäherung der Gravesand'schen Schneiden g und h in der beabsichtigten Breite. Die Höhe hängt von der der hinteren Scheibe angehörenden Oeffnung ab. Sie kann zwischen weniger als 2 und höchstens 30 Mm. wechseln.

3) Es ist bisweilen wünschenswerth, den Spalt für den Augenblick geschlossen, ihn aber später in derselben Breite als früher geöffnet zu haben. Die Drehscheibe besitzt zu diesem Zwecke den grösseren undurchbohrten Theil k zwischen der grössten und der kleinsten Oeffnung. Stellt man ihn vor, so schliesst er die Spalte, wenn diese selbst eine Länge von 3 Centimetern besessen hatte.

III. Gebrauch des Spektroskopes
zur Untersuchung der Farbenerscheinungen.

1) Prismatisches und typisches Spectrum[1]).

Das durch die prismatische Zerlegung gewonnene Farbenspectrum besitzt nicht den Grad allgemeiner Gültigkeit, den man ihm zuzuschreiben pflegt. Wir stossen hier auf Verhältnisse, wie sie die

---

[1]) Die Farbenzerstreuung setzt nicht blos die in dem Texte erläuterten Hindernisse der experimentellen Untersuchung entgegen, sondern bildet auch einen der schwierigsten Gegenstände für die theoretische Auffassung. Schon Huyghens, dessen scharfsinnige Darstellung der Wellenlehre des Lichtes selbst heute noch nicht gebührend gewürdigt zu sein scheint, sah das Räthselhafte, welches die gänzliche Zurückwerfung der Lichtstrahlen und die Farbenzerstreuung zu seiner Zeit darboten, wohl ein. Er bekannte dieses geradezu in Betreff der ersteren Wirkungsweise. (Tractatus de lumine. Chr. Hugenii Opera reliqua. Vol. I. Amstelodami, 1728. 4. p. 32.) Obgleich er die Newton'schen Versuche über die Farbenzerstreuung erwähnt (Ebendas. Praefat. p. II. und p. 77) und sogar in seiner Dioptrik (der Newton'schen Angabe entsprechend) erklärt, dass die Farbenabweichung der Linsen meistentheils grösser als die sphärische Aberration ist (Opuscula posthuma. Tom. I. Amstelodami, 1728. 4. p. 156), so macht er doch keinen Versuch, die Farbenzerstreuung aus der Wellenlehre herzuleiten. Dasselbe wiederholt sich bei Lagrange (Ann. de Chimie. Tome XXI. 1822. p. 241—46) in der leider mit vielen sinnstörenden Druckfehlern gegebenen genaueren Darstellung der Zurückwerfung und der Brechung nach Huyghens Grundsätzen und schon früher bei Euler (Histoire de l'Acad. de Berlin. 1752. Berlin, 1754. 4. p. 272. 73.)

Fresnel (Pogg. Ann. Bd. XXII. 1831. S. 107—222. Vgl. auch A. Kunzek, Studien aus der höheren Physik. Wien, 1856. 8. S. 352—54. Billet Traité d'Optique physique Tome II. Paris, 1859. 8. p. 99—105) suchte die gänzliche Zurückwerfung durch eine sehr scharfsinnige, aber gekünstelte Deutung der imaginären Grössen zu erklären. Neumann (Pogg. Ann. Bd. XL. S. 507) lieferte einen von diesem Hülfsmittel unabhängigen Beweis (Siehe auch die Darstellung mit und ohne die Zuziehung der complexen Grössen bei K. W. Knochenhauer, Die Undulationstheorie des Lichtes. Berlin, 1839. 4. S. 80 bis 83), so dass keine wesentlichen theoretischen Schwierigkeiten mehr zu bestehen scheinen.

A. Cauchy (Nouveaux Exercices des Mathématiques. Mém sur la dispersion de la lumière. Prague, 1836. 4. p. 1, und besonders p. 56 flg. Knochenhauer a. a. O. S. 59 bis 73. Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. 1856. S. 1—31) bemühte sich die Farbenzerstreuung, die Fresnel theoretischunerklärt gelassen hatte, aus seinen mit einer grösseren Reihe von Gliedern versehenen, also der Wahrheit mehr genäherten Formeln herzuleiten. Seine Endformel drückt eine Beziehung der den Brechungscoëfficienten bestimmenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit, der Wellenlänge oder der Schwingungsdauer und der relativen Beschaffenheit der beiden von dem Lichte durchsetzten Mittel aus. Allein abgesehen davon, dass es sich zu fragen scheint, ob nicht hierbei unendlich kleine Glieder der-

todte Natur seltener, die Lebenserscheinungen der organischen Körper dagegen in der Regel darbieten. Gewisse Schwankungen der untergeordneten Ergebnisse, die wir nicht voraussagen können, gesellen sich zu der von bekannten Normen abhängigen Haupterscheinung, weil die Nebenbedingungen mit den gebrauchten Beobachtungswerkzeugen wechseln. Jedes prismatische Spectrum besitzt mit einem Worte einen nur individuellen Charakter. Es hat Merkmale, die sich in keinem anderen wiederfinden und die sich sogar von einem Versuch zum anderen, wenigstens für die Auffassung unseres Auges ändern können.

Ein unveränderliches prismatisches Spectrum könnte nur dann erhalten werden, wenn wir im Stande wären, ein unendlich dünnes Lichtbündel durch ein Prisma von genau angebbarer Beschaffenheit zu leiten, alles andere Licht vollständig auszuschliessen und das gleiche Unterscheidungsvermögen für Farben bei allen Lichtstärken und zu allen Zeiten mehreren Augen zu verleihen. Die Unmöglichkeit, die zuletzt genannte subjective Bedingung herzustellen, wiederholt sich natürlich in allen Beobachtungen des Spectrums, dieses möge wie es wolle erzeugt werden. Wir werden daher diesen Punkt nicht mehr berühren, sondern nur die durch die unorganischen Hülfsmittel bedingten Schwankungen näher betrachten.

Jeder einzelne Versuch leidet schon durch die Nothwendigkeit, Eintrittsspalten des Lichtes von endlicher Breite und Länge zu gebrauchen und die Strahlen durch einen Prismenbezirk gehen zu lassen, dessen Molecularbeschaffenheit kaum je vollkommen gleichartig ist und dessen Brechungscoëfficient und Zerstreuungsvermögen von Punkt zu Punkt wechselt. Solche Uebelstände kehren am Ende in allen Körpern und bei allen Untersuchungen wieder. Da aber nicht zwei Flintglasprismen gefunden werden, welche das Licht in gleicher Weise zerstreuen, da vermuthlich das Gleiche für verschiedene Stellen desselben Prismas wiederkehrt und sich der Wechsel des Zerstreuungsvermögens für die einzelnen Farben in ungleichem

---

selben Ordnung, wie beibehalten sind, andererseits hinweggelassen worden, ist die Grundlage der Cauchy'schen Theorie von Angström (Pogg. Ann. Bd. XCIV. 1855. S. 141) zum Theil für nicht sicher bewiesen und von Broch (a. a. O. Bd. VII. S. 27. 28) als nicht bindend erklärt worden. (Eine ältere mehr beistimmende Erläuterung giebt Tovey, Pogg. Ann. Bd. XXXVIII. 1836. S. 360—66.) Man sieht hieraus, dass die Farbenzerstreuung theoretisch noch nicht in dem Maasse begründet ist, als man selbst in mathematisch-physikalischen Werken anzugeben pflegt.

Maasse wiederholt[1]), so erhält man eben so viele verschiedene Spectra, als man Prismen unter sonst gleichen Verhältnissen, ja wahrscheinlich nur verschiedene Bezirke desselben Prismas gebraucht. Fraunhofer[2]) wusste schon, dass der Wechsel der Wärme die Ablenkungscoëfficienten der Flüssigkeiten rasch ändert. Dieser Umstand macht sich bei dem Gebrauche von Schwefelkohlenstoffprismen nachdrücklich geltend. Berechnen wir die Zerstreuungsgrössen des Schwefelkohlenstoffes aus den von Dale und Gladstone[3]) gefundenen Werthen, so sehen wir, dass der Unterschied der Brechungscoëfficienten von D bis H (von Gelb bis Violett) zwischen 0° und 15° C. fast unverändert bleibt, zwischen 15° und 42°5 C. dagegen merklich abnimmt. Man hat das Umgekehrte für den Unterschied von A und D (vom äussersten Roth bis Gelb). Dieser sinkt zwischen 0° und 15° auffallend, erhält sich dagegen fast gleich für 15° bis 42°5 C.

Wir sehen hieraus, dass jedes durch prismatische Brechung erzeugte Spectrum ein durchaus individuelles Gepräge trägt und einen besonderen, keinem anderen vollkommen gleichzustellenden Fall bildet[4]). Dieses verräth sich um so mehr, je stärker vergrössert man das Bild untersucht und je genauer man auf alle Einzelnheiten eingeht. Jener Umstand macht es möglich, dass man die Farbenbreiten einer Spectralzeichnung innerhalb gewisser Grenzen willkürlich annehmen oder nach äusseren Beweggründen bestimmen kann. Helmholtz[5]) gab z. B. auf diese Weise eine Abbildung des noch mit dem ultrarothen und dem ultravioletten Theile versehenen Spectrums, die nach der Grundlage der musikalischen Skale entworfen worden. Die Farben, deren Wellenlängen sich wie die zweier um-

[1]) Wer sich hiervon näher überzeugen will, braucht nur die von Fraunhofer (a. a. O. S. 200 und 223—226), von Dutirou (Ann. de Chimie. Trois. Série. Tome XXVIII. 1850. p. 260. Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1850. S. 336), von Brewster und Gladstone (Philosoph. Transact. Year 1860. London, 1861. p. 155) oder von Meyerstein (Pogg. Ann. Ann. Bd. CXIV. 1861. S. 144) gefundenen und von Baden-Powell (Pogg. Ann. Band XXXVII. 1836. S. 356—358) oder von Knochenhauer (Die Undulationstheorie des Lichtes. Berlin, 1839. S. 56) berechneten Werthe näher zu betrachten.

[2]) Fraunhofer a. a. O. S. 201.

[3]) Dale und Gladstone, Ann. de Chimie. Trois. Série. Tome LVIII. 1860. p. 117. 118.

[4]) Wie verschieden z. B. die einzelnen verhältnissmässigen Farbenbreiten von Newton und von Fraunhofer beobachtet worden, hat Hankel (Ersch und Gruber Encyklopädie. Section I. Bd. 41. S. 417) zusammengestellt.

[5]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 226. 227. 237. Taf. IV. Fig. 1.

ein halbes Tonintervall verschiedener Töne verhalten, haben gleiche wechselseitige Entfernungen oder die letzteren entsprechen gleichen Unterschieden der Logarithmen der Schwingungsdauer.

Hängt auf diese Art die Ausdehnung, welche ein Farbenbezirk des prismatischen Spectrums darbietet, nicht bloss von den Wellenlängen oder den Schwingungszahlen der entsprechenden Strahlen, sondern auch von dem eigenthümlichen Zerstreuungsvermögen der gebrauchten Brechungskörper, mithin von einer allgemeinen und von einer individuellen Bedingung ab, so gewähren die durch Beugung erzeugten Spectra den Vortheil, dass ihre Farbenbreiten blosse Functionen der Wellenlängen sind. Fraunhofer, Fresnel und Schwerd benutzten auch diese Art von Erscheinungen, um die verschiedenen Längen der einzelnen farbigen Lichtwellen zu bestimmen.

Fraunhofer entdeckte schon, dass man die von ihm gefundenen dunklen oder festen Linien in dem Beugungsspectrum sehen kann. Man befestigt zu diesem Zwecke ein Gitter, d. h. eine Glasplatte auf der eine sehr feine aus zahlreichen Linien bestehende gleichartige Theilung angebracht ist, vor dem Objective einer Fernrohres und visirt nach einem entfernten Lichtpunkte, z. B. nach dem von einer Quecksilberfläche zurückgeworfenen Sonnenbilde oder einer in dem dunklen Zimmer befindlichen hellen Lampe. Fraunhofer[1]) sah dann seine dunkeln Spectrallinien, wenn das gebrauchte Gitter Zwischenräume von je 0,000285 Zoll enthielt. Schwerd[2]) entdeckte später, dass man Fraunhofer'sche Linien durch ein in $^1/_{300}$ Linien getheiltes Gitter von 1500 Strichen schon mit freiem Auge unterscheiden könne. Er beschrieb das Verfahren, dieselben zu schärferer Beobachtung zu bringen, indem man eine weisse Lichtlinie (statt eines Lichtpunktes), ein Stabgitter und ein Fernrohr gebraucht[3]), bildete solche mit Fraunhofer'schen Linien versehene Beugungsspectra ab[4]), hob aber auch hervor, dass das Licht an keiner Stelle vollkommen gleichartig werden kann, weil noch innere Spectra ausser den Spectren zweiter Classe vorhanden sind[5]). Dieser Um-

---

[1]) Fraunhofer, Schuhmacher's astronomische Nachrichten. Bd. I. 1823. S. 295.

[2]) F. M. Schwerd, Die Beugungserscheinungen aus den Fundamentalgesetzen der Undulationstheorie analytisch entwickelt und in Bildern dargestellt. Mannheim, 1835. 4. S. 129. 130.

[3]) Ebendaselbst S. 128.

[4]) Ebendaselbst Taf. XV. Fig. 137 und besonders Taf. XIV. Fig. 132.

[5]) Ebendaselbst S. 129. Ueber diese von Fraunhofer sogenannten vollkommenen Spectra zweiter und erster Classe siehe Fraunhofer, Denkschrift der Münchener Akade-

stand bedingt es, dass das Spectrum der Beugungsgitter nicht so einfach ist, als man im Allgemeinen anzunehmen scheint[1]). Die inneren Spectra machen sich jedoch für die gewöhnliche Beobachtung gar nicht oder nur in geringem Grade geltend.

Die Voraussetzung, dass die Farbenbreiten des durch Beugung oder Diffraction erzeugten Interferenzspectrums nur von den Wellenlängen abhängen, muss dieses als werthvoller denn das prismatische Spectrum erscheinen lassen. Man sollte daher alle das Spectrum und die Spectrallinien betreffenden Fragen, so weit sie feinere Einzelpunkte berühren, an dem Beugungsspectrum zu verfolgen suchen. Man muss darauf gefasst sein, mehrfachen Schwierigkeiten bei diesem Bemühen zu begegnen. Denn abgesehen von den schon erwähnten Störungen durch Nebenspectra erhält man nur vollkommen gute Beugungsspectra durch Gitter, die viele Hunderte von Linien enthalten, wenn die Theilung so genau, als sie eben Fraunhofer machte, hergestellt worden. Schwerd und Neumann bedienten sich auch solcher, die noch von Fraunhofer selbst angefertigt waren. — Die geringere Lichtstärke der Beugungsspectra wird überdies manche Beobachtung wesentlich erschweren.

Die Abbildung eines sogenannten typischen Spectrums enthält die einzelnen Farben je nach ihren Wellenlängen vertheilt. Sie stellt auf diese Art gleichsam das Ideal eines vollkommenen Beugungsspectrums dar. Betrachtet man die Zeichnung, die Billet[2]) in dieser Hinsicht geliefert hat, und in welcher die Linien eines prismatischen und eines typischen Spectrums unter einander angegeben sind, so sieht man, dass eine bedeutende Verrückung bei der Farbenzerstreuung durch Gläser stattfindet. H des gezeichneten prismatischen Spectrums fällt nahe bei G des typischen; G des ersteren zwischen E und F des letzteren; F nahe bei D, endlich B und C des Prismenspectrums jenseit B des Interferenzspectrums. Helmholtz[3]) verzeichnete die verhältnissmässigen Orte der Fraunhofer'schen Hauptlinien des typischen Spectrums auf einer Abscisse und die ihnen entsprechenden von Fraunhofer bestimmten Brechungsexponenten einer Flintglassorte auf einer Ordinate, um die Curve der Brechbar-

---

mie, 1821 und 1822. München, 1824. 4. S. 222. 23. Vgl. auch z. B. Radicke, Lehrbuch der Optik. Bd. II. Berlin, 1838. 8. S. 33.

[1]) Billet Traité d'Optique physique. Tome I. Paris, 1858. 8. p. 197.

[2]) Billet a. a. O. Tome I. p. 47. Pl. I. Fig. 12.

[3]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 230.

keit der Strahlen als Function der Wellenlänge anschaulich zu machen. Das Brechungsspectrum drängt sich nach dieser Zeichnung in Vergleich zu dem Interferenzspectrum gegen das rothe Ende zusammen und erweitert sich gegen das blaue hin.

Um den Ungleichheiten, welche die Spectra verschiedener Prismen darbieten, möglichst zu entgehen, habe ich alle in dem Folgenden vorkommenden genaueren Bestimmungen von Absorptionsstreifen nur an dem Fig. 2 S. 18 gezeichneten Spektroskope vorgenommen. Da es sich dabei immer bloss um erste Annäherungswerthe handelte, so sind wenigstens alle auf diesem Wege gewonnenen Ergebnisse wechselseitig vergleichbar geworden.

2) Einfache Farben und Farbenbestimmung.

Man kann schmale Bezirke des prismatischen Spectrums gesondert zur Anschauung bringen, wenn man die übrigen Theile desselben durch die Einschaltung passender farbiger Körper abblendet oder das gesammte Spectrum auf einem ersten Schirme, der einen schmalen Spalt hat, und den durch diesen durchgelassenen Theil des Lichtes auf einem zweiten Schirme auffängt. Das Gleiche lässt sich auch an dem Spektroskope auf mehrfache Art erreichen. Hält man einen mit einer schmalen Spalte versehenen undurchsichtigen Schirm, z. B. die Fig. 1 S. 17 gezeichnete Schneidenvorrichtung, vor der Durchsichtsöffnung r s des Fig. 4 S. 22 abgebildeten Spektroskopes, so vertritt das durchsehende Auge die Stelle eines zweiten Schirmes. Betrachtet man das Spectrum mit einem dioptrischen Instrumente, dessen gesammtes Gesichtsfeld schon durch eine geringe wirkliche Breite des Spectrums ausgefüllt wird, so gelangt man ebenfalls zum Ziele, obgleich hier andere später zu betrachtende Uebelstände auftreten können.

Alle diese Untersuchungsarten machen es nicht möglich, vollkommen einfaches Licht, d. h. solches, dessen Wellenlänge nur einen einzigen bestimmten Werth hätte, wahrzunehmen. Man hat immer eine grosse Menge von Strahlen, für welche die zusammenhängenden Werthe der Brechungscoëfficienten, der Wellenlängen, der der Zeiteinheit entsprechenden Schwingungsmengen und die Oscillationsdauer merkliche Unterschiede darbieten. Die in den folgenden Abschnitten gelieferte Darstellung der Farbenverhältnisse der Körper wird zeigen, dass die Färbungen der scheinbar einfarbigsten

festen oder tropfbar flüssigen Massen immer noch Breiten des Spectrums entsprechen, die zwei oder drei Fraunhofer'schen Hauptlinien im Roth unter den günstigsten Bedingungen entsprechen. Spricht man also in solchen Fällen von einfarbigen Mitteln oder Strahlen, so kann dieses nicht einmal in annäherndem Sinne gelten. Man hat höchstens eine Anhäufung verschiedenfarbiger Strahlen, deren Farbenunterschiede ein ungeübtes Auge unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht erkennt.

Die Farben aller durch Metalldämpfe gefärbten Flammen sind ebenfalls nicht vollkommen monochromatisch. Die scheinbar einfarbigste ist die gelbe, die durch die Natriumdämpfe erzeugt wird und der Fraunhofer'schen D-Linie entspricht. Sie besteht aber aus zwei gesonderten Linien, wie man schon an dem in Fig. 2 abgebildeten Spektroskope unter günstigen Verhältnissen und ohne Gefahr einer Täuschung durch eine nicht dem kleinsten Ablenkungswinkel entsprechende Prismenstellung (S. 4) sieht. Kirchhoff[1]) entdeckte sogar noch eine Nickellinie zwischen den beiden D-Linien. Hieraus folgt, dass auch die gelbe Natriumflamme nicht vollkommen gleichartig ist, dass sie zusammengesetztes Licht liefert. Die beiden D-Linien nehmen aber zu wenig verschiedene Stellen im Spectrum ein, als dass das unbewaffnete menschliche Auge ihren Farbenunterschied unmittelbar erkennt.

Die Unvollkommenheit, mit der unser Gesichtswerkzeug die Abstufungen der Farben auffasst, verräth sich schon bei der blossen Betrachtung des prismatischen Spectrums. Die theoretischen Betrachtungen von Helmholtz[2]) führen zu dem Schlusse, dass die Einstellung des Prisma unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung mehr Vortheil gewährt, als man früher, wo man nur den Durchgang der Strahlen, nicht aber die Orte und die Beschaffenheit der Bilder mathematisch untersuchte, anzunehmen pflegte. Ein unendlich dünnes Lichtbündel homocentrischer[3]), d. h. von einem und demselben Leuchtpunkte ausgegangener Strahlen bleibt hiernach nach der prismatischen Brechung nur dann homocentrisch, wenn das Prisma unter dem kleinsten Ablenkungswinkel eingestellt worden, wenn also der Strahl senkrecht zur brechenden Kante und der den brechenden Winkel

[1]) Kirchhoff, Sonnenspectrum. S. 3 u. 40. Taf. I. zwischen 1002,8 und 1006,8. Auf der Figur ist ausser Nickel noch Zink angegeben. Ueber weitere Natriumlinien in sehr grosser Hitze s. Wolf und Diacon, compt. rend. T. LV. 1862. p. 334—336.

[2]) Helmholtz, Physiol. Optik. S. 252—258.

[3]) Helmholtz Ebendaselbst S. 37.

halbirenden Ebene verläuft. Das potentielle Zerstreuungsbild liegt dann an der gleichen Seite und in derselben Entfernung wie der Gegenstand. Der Abstand der Bilder einer der brechenden Kante parallelen Lichtlinie vom Prisma ist hingegen grösser, als der des Gegenstandes, wenn der erste Einfallswinkel der Strahlen grösser und kleiner wenn der letztere kleiner als der ist, der dem Minimum der Ablenkung entspricht. Hieraus folgt, dass man den Anpassungszustand des Auges, wenn man nur dieses gebraucht, oder die wechselseitige Stellung der Linsen eines Fernrohres ändern muss, wenn ein endlich entfernter Gegenstand das Spectrum erzeugt und das Prisma um seine senkrechte Achse gedreht wird. Ein kurzsichtiges Auge wird ferner das Spectralbild am Deutlichsten sehen, wenn die Spalte des Spektroskopes näher und ein weitsichtiges, wenn sie ferner steht. Die Ursache, weshalb z. B. das Fig. 4 und 5 S. 22 und 23 gezeichnete Spektroskop ein ein- und ausschiebbares Spaltenrohr besitzt, ergiebt sich hieraus ohne Weiteres.

Streng genommen kann man immer nur das Prisma unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung so einstellen, dass er einer unendlich dünnen Linie des Farbenspectrums entspricht. Man müsste also alle anderen Theile desselben, deren Bilder näher oder weiter fallen, undeutlich sehen, wenn man das Auge oder das Fernrohr auf die Entfernung der Spalte vom Prisma eingerichtet hat. Man wird finden, dass selbst sehr scharfe Augen überaus stumpfsinnig in dieser Beziehung arbeiten. Hat man z. B. das Prisma auf die Minimalablenkung eines zwischen D und E liegenden Bezirkes eingestellt, so bemerkt man, dass allenfalls die Linien A, a, B, C im Roth, oder G und H im Blau und Violett unkenntlich oder undeutlich sind. Die grosse Zahl von Linien dagegen, die das Grün zeigt, erscheinen mit einer beinahe vollkommen gleichen Deutlichkeit bei vorurtheilsloser Beurtheilung. Sie werden erst merklich undeutlich, wenn man z. B. das Prisma so dreht, dass man die Hauptlinien im Roth oder so, dass man die untergeordneten Linien im Blau oder Violett deutlich sieht. Da die Anpassung des Auges nie auf eine blosse Ebene beschränkt bleibt, sondern sich auf eine gewisse Tiefe ausdehnt, so fehlen auch scharfe Deutlichkeitsunterschiede von Gegenständen, die in nicht zu grossen Entfernungen hinter einander liegen. Ein kurzsichtiges Auge wird im Allgemeinen in dieser Beziehung empfindlicher als ein weitsichtiges sein.

Die Stumpfheit unseres Gesichtssinnes dehnt sich auch auf die Beurtheilung der Spectralfarben und der wechselseitigen Uebergänge

derselben aus. Als Newton [1]) sieben Hauptfarben des Spectrums unterschied, ruber, aureus, flavus, viridis, caeruleus, indicus und violaceus, wie sie in der lateinischen Uebersetzung genannt werden [2]), liess er sich von Vergleichungen mit der Tonleiter bestimmen. Wie wenig sicher die Trennung war, zeigt am Besten, dass dieser sonst so consequente Meister des Denkens gerade in dieser Beziehung inconsequent erscheint. Das Caeruleus, welches das Hellblau oder das Cyanblau von Helmholtz [3]) bei der vollständigen Aufzählung der Spectralfarben bezeichnet, kommt nur ausnahmsweise in dem übrigen Werke von Newton in der gleichen Bedeutung vor [4]). Es bezieht sich dagegen auf das ganze Blau an anderen Stellen [5]), als wenn das Spectrum nur aus sechs Farben zusammengesetzt wäre [6]). Cyaneus dagegen oder thalassinus ist Newton [7]) eine mehr dem Grau als dem Dunkelblau nahe stehende Mischfarbe, die aus der Mengung aller Farbenstrahlen mit Ausnahme von Roth und Orange erzeugt wird.

Es beruht auf einem Irrthume, wenn man häufig sagt, dass die Spectralfarben überall allmählich in einander übergehen. Man bemerkt in dieser Hinsicht nicht unbedeutende Unterschiede selbst an reinen Spectris. Betrachte ich z. B. ein sehr helles und reines Spectrum des Spektroskopes mit dem Schwefelkohlenstoffprisma, so erscheint mir das Roth von der Gegend von A bis zur Gegend von C hinaus gleichförmig [8]). Ich sehe Orange fast gar nicht. Das links von D befindliche Gelb bildet ein Band, das beinahe scharf gegen Grün aufhört. Grün geht hier allmählich in Blau und dieses in Violett über. Ein möglichst scharfes Spectrum des vergrössernden Spektroskopes lässt das Roth von A nach C hin allmählich heller und blasser werden. Auf ein schmales Orange folgt das Gelb wiederum

---

1) Newton, Optice. Ed. Clarke. Lausannae, 1740. 4. p. 33.

2) Die englischen Ausdrücke sind (Opticks Second Edition. London, 1718. 8. p. 41) Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Indigo, deep Violet.

3) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 227.

4) Newton, Optice. Ed. Clarke. p. 34. 69.

5) Ebendaselbst p. 22. 89. 101. 196.

6) Nur fünf (mit Weglassung von Orange und Dunkelblau) werden in den Lectiones Opticae. J. Newtoni Opuscula Ed. Castillioneus. Tomus II. p. 185 aufgezählt. An einzelnen Stellen (p. 77. 185. 200. 208. 219. 221 und 318) kommt hier das Violett unter dem Namen purpureus vor.

7) Ebendas. p. 117.

8) Vgl. schon Helmholtz a. a. O. S. 227.

scharf vom Grün getrennt. Obgleich schon ein bläulicher Beiton in dem Grün vor F erkannt wird, so gewinnt doch das Blau gerade bei F ein solches Uebergewicht, dass man hier eine ziemlich scharfe Trennungslinie der Farbennuancen hat. Blau und Violett gehen nur allmählich in einander über. Eine ähnliche verhältnissmässig scharfe Scheidung von Gelb und Grün kehrte auch in dem linienlosen Spectrum eines rothglühenden Platinbleches in dem sonst dunkeln Zimmer wieder. Die Verschiedenheit der Lichtstärke der einzelnen Farben und besonders die Newton[1]) schon bekannte grosse Helligkeit des Gelb spielen hierbei eine Hauptrolle.

Die Untersuchung der Körper in polarisirtem Lichte gebraucht häufig, wie man sich ausdrückt, einfarbiges Licht. Da dieses von unserem Auge in keinem Falle ausschliesslich gesehen wird, so wollen wir die Bedeutung dieser Ausdrucksweise auf ihr richtiges Maass zurückzuführen suchen.

Die Einschaltung einfarbiger Mittel macht Curven doppelt brechender Platten sichtbar, die man in weissem Lichte nicht bemerkt. Man hat aber hier zwei Arten von Erscheinungen verschiedenen Ranges. Die Ringe einer auf der optischen Achse senkrechten Platte eines einachsigen und die lemniscatenähnlichen Curven einer auf die Mittellinie senkrechten Platte eines zweiachsigen Körpers werden zahlreicher, wenn man das diffuse weisse Tageslicht mit dem eines sogenannten einfarbigen Glases vertauscht. Passende, durch Kobalt gefärbte Gläser können die Zahl der sichtbaren Curven beträchtlich vermehren, wenn sie auch noch Farben wie Gelb ausser ihrer eigenen durchlassen, wenn also auch nicht alle Ringe schwarz oder sehr dunkel erscheinen. Die durch Kupferoxydul gefärbten Rubingläser leisten bessere Dienste, indem sie die Farben der isochromatischen Curven vollkommener auslöschen. Sie gewähren diesen Vortheil, wenn sie selbst Strahlen von A bis D, also Roth, Orange und sogar den Anfangstheil von Gelb durchlassen. Wir werden später sehen, dass sogenannte einfarbige Flüssigkeiten nur in Ausnahmsfällen wie die Rubingläser wirken. Die Vermehrung der Zahl der Curven der oben genannten Platten und das Auslöschen der Farben derselben können also durch Mittel erreicht werden, die noch verhältnissmässig breite Bänder des Spectrums durch ihre Masse durchgehen lassen.

Dieses ist für die Hyperbeln von Platten, die parallel der Achse

[1]) Newton, Optice. p. 69.

geschliffen sind, nicht der Fall. Die Theorie erklärt es [1]), weshalb die Hyperbeln nur dann in dem weissen Tageslichte sichtbar werden, wenn die Doppelbrechung schwach und die untersuchte Platte dick ist. Dieses ist mir bis jetzt nur in drei Fällen vorgekommen. Die farbigen Hyperbeln, die man an Fischbeinplatten darstellen kann, die man aber nicht mit den lemniscatenähnlichen Curven der meisten anderen Horngewebe verwechseln darf, zeigen sich an günstigen Präpäraten schon im Tageslichte. Dasselbe wiederholte sich für eine drei Millimeter dicke Platte, die ich mir aus einem schwach zweiachsigen Apophyllit parallel der Mittellinie schleifen liess und für zwei der optischen Achse parallele Platten von neutralem essigsaurem Kupferoxyd, auf die wir in dem nächsten Abschnitte ausführlicher zurückkommen.

Man kann mathematisch herleiten, weshalb zwei rechtwinklig gekreuzte Quarzplatten, die der optischen Achse parallel geschnitten sind, ihre Hyperbeln schon in dem gewöhnlichen Tageslichte darbieten. Dieses ist dagegen nicht bei einfachen der optischen Achse parallelen Platten des Quarzes, des unterschwefelsauren Bleioxyds, des Turmalins und natürlich um so weniger bei solchen des stark doppelt brechenden Kalkspathes der Fall.

Keines der sogenannten homogenen Gläser und der ihnen ähnlich wirkenden Flüssigkeiten bringt hier die Hyperbeln zum Vorschein. Man braucht für sie das, wie man sagt, einfarbige Licht der Kochsalz-Weingeistflamme, die, wie wir jetzt wissen, das Gelb der Natriumflamme vorherrschend giebt. Als Melville [2]) die künstlichen Flammen mit einem Prisma untersuchte, erhielt er vorherrschend Gelb, daneben aber geringere Mengen von Roth, Grün oder Blau, je nachdem Salmiak, Pottasche, Alaun, Salpeter oder Seesalz beigemengt waren.

Die prismatische Zerlegung der Kochsalz-Weingeistflamme in dem dunklen Zimmer gab Seebeck [3]) einen schmalen grünen, einen breiteren blauen und einen auffallend breiten violetten Streifen neben dem viel lichtstärkeren Gelb. Ein sehr wasserarmer Weingeist lie-

---

[1]) Siehe z. B. Wilde, Pogg. Ann. Bd. LXXXVIII. 1853. S. 212.

[2]) J. Pristley, Geschichte der Optik. Uebersetzt von Klügel. Leipzig, 1775. 4. S. 515.

[3]) L. F. Guil. A. Seebeck, Observationes circa nexum intercedentem inter corporum lucem simpliciter refringentium vim refringentem et angulos incidentiae, sub quibus luminis ab illorum superficie reflexi polarisatio sit perfectissima. Berolini, 1830. 4. p. 21.

fert nach ihm ein gewöhnliches Spectrum. Die späteren Forscher sprechen vorzugsweise von dem violetten Lichte, das dem Gelb der Kochsalz-Weingeistflamme beigemengt ist[1]). Man könnte dieses durch ein eingeschaltetes gelbes Glas leicht abhalten, wenn ein rein gelbes Licht zur Darstellung der Hyperbeln nöthig wäre. Die Erfahrung lehrt, dass dieses nicht der Fall ist.

Bedient man sich der gefärbten Flamme, so braucht man nicht die Untersuchung in dem dunklen Zimmer vorzunehmen. — Jeder nicht zu helle Ort genügt. Das nebenbei einfallende diffuse Tageslicht hebt also die Wirkung nicht auf. Ich sah überdies unter diesen Verhältnissen die Hyperbeln einer der optischen Achse parallel geschnittenen Platte von unterschwefelsaurem Bleioxyd oder von Kalkspath, wenn ich den Docht der Weingeistlampe mit Chlorstrontium abgerieben hatte. Der untere Theil der Flamme erschien dann wie gewöhnlich blau, der obere roth. Dasselbe ergab sich bei dem Gebrauche von Kalisalpeter, der mit Natron verunreinigt eine theils gelbe, theils violette Flamme gab, oder von Chlorkupfer, wobei die Flamme unten blau und oben grüngelb erschien. Um die Mischung vollständiger zu machen, rieb ich den Docht der Weingeistlampe mit lithiumhaltigem Kali, Chlornatrium und Chlorcalcium ab. Das Spektroskop zeigt dann die helle gelbe Natriumlinie und die rothen und die grünen Calciumlinien, und der Polarisationsapparat die Hyperbeln an einem schattigen Orte des nicht verfinsterten Zimmers. Hatte ich dann noch den Docht mit Chlorstrontium abgerieben, so dass die Flamme vorherrschend roth wurde, so änderte sich deshalb das Ergebniss keinesweges.

Fassen wir Alles zusammen, so ergiebt sich, dass man nie wahrhaft einfarbiges Licht anwendet, um Curven doppelt brechender Platten, die in dem weissen Tageslichte nicht erkannt werden, sichtbar zu machen. Die Ringe einachsiger senkrecht auf die optische Achse und die lemniscatenartigen Curven senkrecht auf die Mittellinie geschnittener Platten werden schon in grösserer Zahl sichtbar, wenn z. B. das blaue Glas oder die blaue Flüssigkeit noch mehrere andere Farben und das Rubinglas Orange und Gelb neben Roth durchlässt. Die Hyperbeln von Platten, die der optischen Achse oder der Mittellinie parallel geschnitten sind, vertragen eine solche bis auf die Fraunhofer'schen Linien ununterbrochene Breite des durchgelassenen Spectraltheiles nicht. Sie fordern aber auch

[1]) Wilde a. a. O. S. 204.

kein blos einfarbiges Licht. Das der gefärbten Flammen kann eine bedeutende Reihe discontinuirlicher Spectrallinien, z. B. die des Kalium und des Lithium in höherer Wärme und die des Natrium, des Calcium und des Barium schon bei der Verbrennungshitze der Weingeistlampe geben, ohne dass es deshalb untauglich wird, die Hyperbeln, selbst einer Kalkspathplatte bei gleichzeitig einfallendem diffusem Tageslichte vorzuführen.

Das Spektroskop eignet sich in hohem Grade, die von den verschiedenen Körpern durchgelassenen Farben kennen zu lernen. — Kann man sie oder die Absorptionsbänder auf die durch die Fraunhofer'schen Linien bestimmbaren Stellen des Spectrums zurückführen, so gewinnt die Angabe an Schärfe und Allgemeinheit, da sonst das verschiedene Unterscheidungsvermögen selbst gesunder Augen und die Mannigfaltigkeit und Unbestimmtheit der von vielen Schriftstellern benutzten Ausdrücke einen nicht unbedeutenden Grad von Unsicherheit einführen. Ich gebrauchte zu diesem Zweck eine Zeichensprache, deren Grundlage von Stockes[1]) oder streng genommen von Brewster[2]) herrührt. Jede einzelne Grenze einer Farbe ist durch die zwei benachbarten Fraunhofer'schen Hauptlinien und einen eingeschalteten, den relativen Ortswerth ausdrückenden Bruch bezeichnet. $D\frac{a}{b}E$ z. B. will sagen, dass die zu bezeichnende Stelle um $\frac{a}{b}$ der zwischen D und E liegenden Entfernung von D und um $\frac{b-a}{b}$ von E absteht. Da häufig die Absorptionsbänder nicht scharf linear begrenzt sind, sondern sich allmählich schattig verlieren, so kann jene Bezeichnungsweise nur als eine erste Annäherung gelten. Ich untersuchte irgend genauer bestimmbare Streifen mit dem Fig. 2 S. 18 abgebildeten vergrössernden Spektroskop, stellte die eine Längslinie des Fadenkreuzes oder den Kreuzungspunkt auf die Grenze des dunklen Bandes ein (S. oben S. 18) und entfernte hierauf den vor der Eintrittsspalte befindlichen Körper, um die Abstände von einer oder den beiden benachbarten Hauptlinien zu schätzen. Ich erhielt auf diese Art Werthe, die nicht genauen Messungen entsprachen, sondern oft genug das Gepräge subjectiven Gutdünkens in Betreff der gewählten Brüche an sich trugen.

---

[1]) Stockes, Phil. Transact. 1852. 4. p. 478. Pogg. Ann. Ergänzungsb. IV. 1854. S. 203.

[2]) Brewster, Pogg. Ann. Bd. XXXVII. 1836. S. 319.

Die Ergebnisse wechseln natürlich mit der Helligkeit, die von der des einfallenden Lichtes und der Breite der Eintrittsspalte abhängt. Die letztere wurde immer so gewählt, dass das Spectrum rein und die Fraunhofer'schen Linien scharf ausfielen. Alle Angaben beziehen sich überdies auf gutes Tageslicht, so dass man etwas mehr bei sehr hellem Lichte sehen würde.

3) Farben fester durchsichtiger Körper.

Manche Physiker und Physiologen sprechen von einfarbigen Gläsern, die ihnen zu ihren Beobachtungen dienten. Die Wirkung solcher Glasplatten auf das Spectrum lehrt aber, dass die besten Gläser eine grosse Reihe von Strahlen verschiedener Brechbarkeit durchlassen und das Auge nicht unmittelbar beurtheilen kann, welche Menge und welche Art von Farben austreten [1]). Jedes genaue Versuchsverfahren setzt daher voraus, dass man bestimmt angebe, welche Farben die gebrauchte Glasmasse zur Netzhaut sandte. — Dieses wechselt natürlich nicht bloss mit der dem Auge unmittelbar kenntlichen Färbung, sondern auch mit der Reinheit und der Dicke des Glases, dem Rauchigen oder der Gleichartigkeit des benutzten Farbestoffes, mit der Lichtstärke und möglicher Weise auch der Fluorescenz der Glasmasse, endlich mit der Feinheit der Farbenunterscheidung des Beobachters. Dem sei wie ihm wolle, so wird in Zukunft jeder Forscher, der ein gefärbtes Glas benutzt, wenigstens das Wesentlichste bald erfahren, wenn er es vor die Eintrittsspalte des Spektroskopes schiebt.

Die Prüfungen, die ich in dieser Hinsicht anstellte, bezogen sich zunächst auf ausgewählte Gläser, die sich in der Sammlung der Berner Anatomie befinden. Wild theilte mir ausserdem die des physikalischen Cabinets und unser ausgezeichneter Glasmaler, Doctor Stanz, Proben der wichtigsten Glassorten seines Vorrathes zu wiederholten Malen mit. Ich war hierdurch in den Stand gesetzt, eine nicht unbedeutende Zahl von Gläsern und unter diesen einzelne von ausgezeichneter Beschaffenheit zu prüfen. Vergleicht man z. B. die

---

[1]) Schon Newton hob in einem seiner Vertheidigungsbriefe hervor, dass erst die prismatische Analyse über die Beschaffenheit der Farbe entscheidet. Siehe J. Newton, Opuscula. Ed. Castillioneus. Tom. II. Lausannae, 1744. 4. p. 349. 350.

Ergebnisse, welche viele dieser Gläser lieferten, mit den Bestimmungen, die Pisko[1]) an den zu seinen Fluorescenzuntersuchungen gebrauchten Gläsern machte, so wird man finden, dass die besten blauen und rothen Gläser, auf die ich stiess, einen merklich geringeren Theil des Spectrums durchliessen. Da aber Pisko ein auf einem weissen Schirm erzeugtes Sonnenspectrum betrachtete, während die Eintrittsspalte des Lichtes mit dem Glase bedeckt war, so kann auch ein Theil des Unterschiedes in der grösseren Helligkeit des von ihm benutzten Lichtes begründet sein.

Die orangefarbenen, Eisenoxyd enthaltenden, die heller gelben mit Chlorsilber, die rauchgelben mit spiessglanzsaurem Kali oder mit Kohle, und die grünen mit Kupferoxyd oder Chrom gefärbten Gläser lassen immer den grössten Theil des Spectrums selbst in nicht günstigem Lichte durch. Das Spectrum beginnt in allen gelben Gläsern mit dem äussersten Roth, wo dieses auch sonst in gewöhnlichem Tageslichte anfängt, und reichte häufig bis G. Ich fand aber auch manche hellgelbe Gläser, in denen es sich selbst bis H, andere dagegen, in welchen es sich nur bis beinahe F erstreckte. Eines begegnete mir, das b $^1/_3$ F als Grenze gab. Rauchgelbe Gläser lassen oft nur von dem Anfangsroth bis b durch. Die besseren hellgelben und die nicht zu dunklen rauchgelben eignen sich daher, Violett allein oder dieses und einen Theil des benachbarten Blau abzublenden.

Die Verbindung zweier $1^1/_2$ Millimeter dicker nicht sehr dunkler rauchgelber Gläser kann die Ausdehnung des Spectrums so sehr beschränken, dass man nur von a bis D $^1/_3$ E, mithin Roth, Orange, Gelb und Grün in hellem Tageslichte erkennt.

Manche grüne Gläser geben die Farben von dem gewöhnlichen rothen Anfange des Spectrums oder der Nachbarschaft desselben bis über G, andere von B oder C bis beinahe F oder bis G. Während mir keine grüne Glassorte vorkam, die eine kleinere Breite des Spectrums lieferte, werden wir grüne und grünblaue Massen kennen lernen, welche eine grössere Menge von Farben schon in sehr dünnen Lagen verschlucken.

Die blauen mit Kobaltoxyd gefärbten Gläser zeigen einen grösseren oder kleineren Theil des Anfangsroth, Gelb, einen Abschnitt des Grün, Blau und Violett. Lassen wir vorläufig das Roth bei Seite, so reicht der in gewöhnlichem Tageslichte deutlichste

[1]) F. J. Pisko, Die Fluorescenz des Lichtes. Wien, 1861. 8. S. 46.

Spectralbezirk von C oder D bis b, F 1/2 G, G 1/2 H oder sogar über H. Die Tiefe der Farbe und nicht sehr grosse Dickenunterschiede des Glases führen hier zu merklichen Abweichungen.

Arago [1]) giebt an, dass Young eine blaue Glassorte untersuchte, die ein aus sieben gesonderten Stücken bestehendes Spectrum darbot. Die Discontinuität wurde durch dunkle Zwischenräume hergestellt. Man hatte zwei rothe, ein grüngelbes, ein grünes, ein blaues, ein blauviolettes und ein äusserstes violettes Band. Diejenigen durch und durch gefärbten blauen Gläser (also keine Ueberfangs- oder blosse Belaggläser), die sich zur Herstellung des von Simmler [2]) angegebenen Erythroskopes am Besten eignen und die schon die grünen Pflanzentheile ohne Beigabe eines rauchgelben Glases in lebhafter Röthe zeigen [3]), liefern ein solches durch schwarze Bänder

---

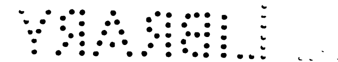
[1]) F. Arago, Oeuvres complètes. Tome VII. Paris, 1858. 8. p. 442.

[2]) Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 599—603.

[3]) Ich möchte bei dieser Gelegenheit die Zoologen, vorzugsweise die, welche sich mit der Untersuchung der Vögel und der Insekten beschäftigen, darauf aufmerksam machen, dass die Prüfung mancher der farbigen Theile dieser Thiere mit passenden gefärbten Gläsern charakteristische Erscheinungen herbeiführen kann. Ein hellblaues durch und durch gefärbtes Glas, wie es z. B. die Brillenhändler als tief dunkelblau verkaufen und das ein äusserstes rothes, zwei tiefschwarze durch einen rothen Streifen wechselseitig getrennte Bänder, ein weissgrünliches Band, einen schattigen nach dem violetten Spectraltheile hin minder scharf begrenzten Streifen, endlich Grün, Blau und Violett zeigt, eignet sich hierfür am Besten. Verbindet man es mit einem rauchgelben Glase, das alle Spectralfarben mit Ausnahme des Violett durchlässt, so hat man ein Erythroskop, durch welches die grünen Pflanzentheile mässig roth, obgleich nicht so tief roth erscheinen, als bei dem Gebrauche eines passenden dunkelblauen Glases. Alle hierher gehörenden Untersuchungen müssen in hellem Lichte angestellt werden.

Man findet häufig, dass grüne Theile der Vögel durch das hellblaue Glas violett und durch die Erythroskopcombination dunkelgrau violett erscheinen. Man sieht noch ein mehr oder minder bestimmtes Grün in dem letzteren Falle, wenn das von den Federn zurückgeworfene Licht hell genug ist. Ich erkannte dieses z. B. an ausgestopften grünen Papageien, wie Psittacus rufirostris und erythropterus, an Psittacula passerina und an anderen mehr oder minder grünen Vögeln, wie Trichoglossus chlorolipidatus, Trogon pavonius, Phyllorius Mülleri und vielen Kolibris. Einzelne Exemplare von Kolibris, Psittacus pulverulentus, Muscophaga persa erschienen bloss Violett ohne Grün, was vielleicht von dem ursprünglichen Farbentone oder der Beleuchtung abhing.

Man stösst hier noch auf eine Reihe anderer eigenthümlicher Erscheinungen. Der lebhaft gummiguttgelbe Bezirk des Halses von Rhamphastus Temminkii z. B. zeigte sich durch das blaue Glas grösstentheils roth und das Roth des Unterleibes violett. Das Erythroskop machte den Hals gelbröthlich und den Unterleib roth. Eine ähnliche Umwandlung des Gelb in Roth mittelst des blauen Glases wiederholte sich bei



unterbrochenes Spectrum. Ein hellblaues Glas der Art liess z. B. von dem sonst nicht kenntlichen Anfangstheile des Roth, also Ultraroth, bis a 1/2 B durch. Dann folgte ein dunkler Streifen bis D 2/5 E und später ein zweiter in der Mitte des Grün. Ich sah von hier an Hell bis zum äussersten Violett, wenn ich das vergrössernde Spektroskop gebrauchte. Das Glas verschluckte also einen grossen Theil des Roth, des Orange, des Gelb, einen Anfangstheil und ein später folgendes Stück des Grün. Es machte dafür einen sonst nicht sichtbaren Theil des Wärmespectrums kenntlich. Ein noch besseres dunkelblaues Glas, das ohne Weiteres die grünen Pflanzentheile feurig roth und den Kiesboden wie von dem Mondscheine

---

Picus validus und an dem Körper von Rupicola aurantiaca, endlich weniger stark in Oriolus galbula. Das Gelb kehrte bei dem Gebrauch des Erythroskopes wieder. Das Gelb von Ploceus intermedius röthete sich zwar durch das hellblaue Glas. Es wurde aber im Erythroskope gelbröthlich. Der rothe Unterleib von Aproxnictus scapulatus erschien violett durch das hellblaue und roth mit einer geringen Beimischung von Violett noch Hinzufügung des rauchgelben Glases. Das lebhafteste Roth von Ibis rubra wurde in dem blauen Glase violett und in dem Erythroskope wiederum roth.

Die Insekten (Vergl. auch Simmler in Böttger's polytechnischem Notizblatt, Bd. XVII. 1862. S. 210) führen ebenfalls zu eigenthümlichen Erscheinungen. Grüne Käfer, wie Aromia moschata, Cetonia fastuosa, Eurythyraea quercus, Lampra rutilans und festiva, Carabus auratus, monilis, auronitens und nitens, Calosoma sycophanta und laterale, Chasmodia emarginata, Palidusta glauca, Eumolpus fulgidus, Doryphora viridescens, Psiloptera attenuata, Chrysochroa fulgurans und vittata, so wie grüne brasilianische Arten von Rutila, erschienen dunkel violett (mit einer Beimischung von chocoladenbraun) in dem hellblauen, oben erwähnten Glase, und grünviolett, grünröthlich oder vorherrschend grün nach der Hinzufügung des rauchgelben Glases. Scarabaeus vernalis und zum Theil Acrydium flavicorne waren blauviolett bis blau in dem ersteren und blaugrünlich mit deutlicher Beimischung von Gelb in dem letzteren Falle. Das Apfelgrün von brasilianischen Arten von Lordrops und Chlorisma unter den Käfern und von Pyralis fagana unter den Schmetterlingen wurde weissröthlich violett durch das hellblaue Glas. Die entsprechenden Theile verschwanden fast ganz im Erythroskope. Das Gelb der Flügeldecken der Schmetterlinge führt zu den bemerkenswerthesten Erscheinungen. Ist es schwächer gelb, so wird es durch das blaue Glas weiss, so z. B. bei Podalyrius, Machaon, Palaeon und zum Theil Apollo, Mnemosyne und den brasilianischen Arten von Polycaon oder bei Colias Leachiana. Das dunklere Gelb wird entweder durchgelassen, wie z. B. zum Theil bei Papilio Rhamni, oder violett bis braunviolett. Das Roth erscheint häufig violett, bisweilen auch schwarzroth, wie bei Cethosia, oder violettroth, wie bei Elpenor. Manches Blau, z. B. von Alexis, Adonis, Dorylus, Menelaus wird auffallend weissblau und das Goldgelb von Papilio virgaurea dunkelbraun violett.

prachtvoll beleuchtet zeigte, gab äusserstes Roth, hatte das erste dunkle Band von etwas vor a bis D $^1/_{10}$ E und das zweite von D $^2/_5$ E bis b. Da dieser Bezirk das Grün des Chlorophylls enthält, so wird es durch das blaue Glas ausgelöscht. Es zeigt aber Roth, Blau und Violett. Das rauchgelbe Glas blendet die letzteren Farben ab und lässt daher das Roth, das noch durch die rothe Fluorescenz des Chlorophylls erhöht ist, ausschliesslicher hervortreten.

Manche Verbindungen dunkelblauer und dunkel rauchgelber Gläser geben nur einen Anfangstheil des Roth und etwas Grünblau.

Die Untersuchung einer grösseren Zahl von hell- und dunkelblauen Gläsern setzte mich in den Stand, die allmähliche Bildungsweise der dunklen Bänder zu verfolgen. Man findet hellblaue Gläser, die einen verhältnissmässig schmalen dunklen Streifen im Roth geben. Man hat dann später einen apfelgrünen, oft sehr viel Weiss enthaltenden Streifen statt des Gelb. Er ist durch einen mehr oder minder schattigen Streifen von der zweiten Hälfte des Grün, die unmittelbar in das Blau übergeht, getrennt. Viele solcher Gläser zeigen die D-Linie auffallend schwärzer als sonst. Dieser dunkle Bezirk verbreitert sich in anderen heller oder dunkler blauen Gläsern mehr, so dass er bald ein schwarzes Band bildet, das nur noch einen schmalen Streifen von Roth in der Richtung nach C hin übrig lässt. Man erhält das Gleiche, wenn man zwei oder mehrere Gläser ersterer Art über einander legt, also die Dicke vergrössert. Wird dann auch das schattige Band im Grün undurchsichtig, so hat man dann einen Streifen des äussersten Roth oder des Ultraroth, ein erstes dunkles Band, einen zweiten rothen Streifen, ein zweites dunkles Band, das bis etwas über D hinausgeht, den apfelgrünen, oft auffallend viel Weiss enthaltenden Streifen, das grüne dunkle Band, den Endbezirk des Grün, Blau und Violett. Noch andere blaue Gläser zeigen den Fall, dass das erste dunkle Band im Anfangsroth oder Ultraroth mit dem sich immer mehr verbreiternden, von der D-Linie ausgegangenen dunklen Bande verschmolzen ist. Man erblickt daher einen brennend rothen Streifen an dem äussersten Ende des Spectrums, ein breites schwarzes Band, den apfelgrünen Streifen, ein dunkles Band, ein schmales Stück des Endgrün, Blau und den benachbarten Theil des Violett. Legt man nach und nach 2 bis 5 solcher Gläser über einander, so schwindet zuerst der apfelgrüne Streifen und dann das äusserste Roth. Man sieht endlich nur noch eine Spur von Grün, dagegen Blau und Violett trotz der Dunkelheit sehr deutlich und beide ziemlich lichtstark. —

Alle diese Beobachtungen lassen sich am Besten an dem Stereoskop mit dem Schwefelkohlenstoffprisma (Fig. 4 S. 22) anstellen. Wir werden übrigens bald sehen, dass man einen breiten oder zwei dunkle Bänder zwischen dem äussersten Roth und dem D-Bezirke erhalten kann, je nachdem man die Lichtstärke und die Reinheit des Spectrum durch den Wechsel der Breiten der Eintrittsspalte ändert.

Es giebt hellblaue oder grünblaue Gläser, die ein ununterbrochenes Spectrum von Roth bis Violett durchlassen. Sie machen dessenungeachtet das Gelb und das Grün auffallend apfelgrün, das immer noch viel Weiss nach dem früheren Gelb hin enthält.

Helmholtz [1]) giebt schon an, dass ein blaues Kobaltglas auf das Gelb des Spectrum anders wirkt, je nachdem diffuses Licht noch nebenbei vorhanden ist oder nicht. Es löscht nämlich das spectrale Gelb fast ganz aus, lässt aber die blauen Strahlen des zerstreuten weissen Lichtes ungeschwächt durchgehen. Diese mengen sich daher mit dem durch Absorption geschwächten Gelb und erzeugen eine weisse oder blauweisse Mischfarbe. Hält man dagegen alles diffuse Licht ab, so bleibt das Gelb auch bei dem äussersten Grade der Schwächung durch ein blaues Glas rein gelb. Bringe ich ein Kobaltglas, das den oben erwähnten apfelgrünen, viel Weiss enthaltenden Streifen zeigt, wenn es von aussen her vor der $^1/_{10}$ Millimeter breiten Eintrittsspalte des Spektroskopes gehalten wird, dicht an diese im Innern des Rohres an und befestige es mit einem geschwärzten Korkringe, um alles störende Seitenlicht möglichst abzuhalten, so erscheint der Streifen etwas gelblicher, obgleich er immer noch viel Weiss enthält. Erweitere ich nun allmählich die Spalte von $^1/_{10}$ bis auf 4 Millimeter, so tritt zuerst ein rother Streifen in dem breiten dunklen Bande zwischen dem äussersten Roth und dem Bezirke von D auf. Man hat also wieder zwei rothe und zwei schwarze Bänder. Dann folgt das weisse Band, hierauf ein gelber und ein schwarzer Streif, und endlich Grün, Blau und Violett. Die fernere Erweiterung der Spalte macht den Streifen zwischen Gelb und Grün schmaler und das Grün blasser. Roth und Gelb erweitern sich immer mehr. Man hat zuletzt ein breites rothes, ein unmittelbar daranstossendes stark gelbes Band, ein sehr schmales verwaschenes Grün, ein breites Hellblau und ein schmales Dunkelblau mit Violett.

[1]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 265.

Die blauen Gläser lassen das Gelb der Polarisationsfarben, z. B. der isochromatischen Ringe doppelt brechender Platten durch, ohne eine Beimischung von Weiss zu erzeugen. Die Farbe eines Gypsblättchens von Gelb zweiter Ordnung zeigte sich mir noch, wenn ich ein hellblaues Glas von 2 oder 4 Mm. Dicke in den Polarisationsapparat einschaltete, nicht aber, wenn ich die dunkelblauen zu den Erythroskopen passenden Gläser gebrauchte.

Ich fand violette mit Manganoxyd gefärbte Gläser, die einen breiten zwischen C und D gelegenen Streifen heller, die unmittelbare Umgebung von D dunkler, einen hellgrünen Streifen dunkler und Dunkelgrün und Hellblau schattiger durchliessen. Man erkannte durch sie das Roth, das Gelb, das Blau und das Violett der Polarisationsfarben.

Ein mit Goldpurpur gefärbtes, mehr unrein rothes als purpurfarbenes Glas gab hell von A bis D, dunkel von D bis b, und Grün und Blau, nicht aber Violett, mit grosser Lichtstärke.

Die rothen Gläser, die sogenannten Rubingläser, deren Färbung durch Kupferoxydul hergestellt ist, werden als die verhältnissmässig homogensten angesehen. Man nimmt häufig an, dass sie nur rothes Licht durchlassen [1]. Die Prüfung einer grösseren Zahl von heller und dunkler rothen Gläsern an dem Spektroskope lehrte, dass alle orangefarbene und manche selbst noch gelbe Strahlen ausser den rothen liefern. Die gewöhnlichen geben von A bis D $^1/_9$ E oder noch weiter nach E, andere von A $^3/_4$ a bis D $^1/_{10}$ E oder von B bis D. Die besten, die ich antraf, zeigten die Farben von dem Anfange des Roth oder von A bis C $^3/_4$ D oder C $^2/_3$ D. Viele Rubingläser lassen noch geringe Mengen von Grün, Blau und Violett in sehr hellem Lichte durch.

Mehrere Nebenumstände gewähren diesen rothen Gläsern Vortheile, welche andere gefärbte Gläser nicht darbieten. Wir haben schon (S. 43) gesehen, dass unser Auge die nach den Unterschieden der Wellenlängen zu erwartenden eigenthümlichen Nüancen zwischen A und C nicht unterscheidet. Blendet man den grössten Theil des übrigen Spectrums durch ein Rubinglas ab, so dass die verhältnissmässig lichtstarken Bezirke des Hellblau, des Grün und vorzugsweise des Gelb [2] nicht in das Auge gelangen, so sieht dieses ein brennendes Roth, wie es sonst in dem Spectrum nicht erscheint.

---

[1] Siehe z. B. Jamin a. a. O. Tome II. p. 236.

[2] Fraunhofer, Münch. Denkschriften. 1814. 1815. München, 1817. 4. S. 213—215.

Man hat rothe Gläser, als die relativ homogensten, zu optischen Maassbestimmungen gebraucht, um die Wellenlänge des rothen Lichtes aus den Beugungserscheinungen oder die Drehungswinkel der Polarisationsebene für die Längeneinheit des Weges des Lichtes durch einen drehenden Körper zu bestimmen. Fresnel bediente sich eines rothen Glases, um die Wellenlänge der ihm scheinbar entsprechenden Farbe aus den Breiten der Interferenzfransen herzuleiten. Er giebt ausdrücklich an[1]), dass dasselbe Roth und einen kleinen Theil von Orange durchliess. Das Mittel der gefundenen Wellenlänge betrug 0,000638 Millimeter[2]). Der Vergleich mit den Bestimmungen, die Newton[3]) an seinen Ringen gemacht hatte[4]), führte Fresnel zu dem Schlusse, dass sein Roth dem Ende des spectralen Roth etwas näher lag, als dem Anfange. Da das äusserste Roth von Fraunhofer[5]) eine Wellenlänge von 0,000750 Mm. oder von 0,0007617 Mm. nach Helmholtz[6]) hat, B 688, C 657 und D an der Grenze von Orange und Gelb 589 entspricht, während die Grenze von Roth und Orange zu 596 nach Fresnel angenommen wird[7]), so folgt, dass das von diesem benutzte Glas dem Auge eine Gesammtfarbe lieferte, die einem Roth entsprach, das $^3/_4$ von dem gewöhnlich sichtbaren Anfange des Roth und $^1/_4$ von der willkührlich festgesetzten Grenze von Roth und Orange entfernt lag. Das zu dem gleichen Zwecke benutzte Glas von Schwerd[8]) lieferte 643. Es stand daher dem Gelb etwas näher als das Fresnel'sche. Schwerd selbst giebt an, dass es Strahlen von B bis D durchliess. Man darf übrigens nicht vergessen, dass die Annahme, man hätte eine einfache Farbe von der gefundenen Wellenlänge gehabt, nicht berechtigt ist. Das Auge sah nicht eine einer solchen entsprechende Interferenzfranse, sondern eine unendliche Zahl derselben, die den verschiedenen von dem Glase durchgelassenen Strahlen entsprachen und verschaffte sich einen der Unvollkommenheit seiner Auffassung

---

1) Fresnel, Mém. de l'Institut 1821. 1822. Paris, 1826. 4. p. 253.

2) Fresnel Ebendaselbst p. 415.

3) Newton, Optice Ed. Clarke. 1740. p. 228—31. 236—40.

4) Ueber die in dieser Hinsicht stattgefundenen Missverständnisse siehe Drobisch, Pogg. Ann. Bd. LXXXVIII. 1853. S. 522.—28.

5) Fraunhofer a. a. O. S. 218.

6) Helmholtz, Phys. Optik. S. 236.

7) Siehe z. B. Billet, Optique physique Tome I. p. 46. Eine Zusammenstellung der Werthe von Fraunhofer und Fresnel giebt Drobisch a. a. O. S. 529.

8) Schwerd, Beugungserscheinungen. S. 32. 33.

entsprechenden Gesammteindruck, der wahrscheinlich mit Verschiedenheit der Beobachter, wo nicht schon mit dem Zustande der Ruhe oder der Ermüdung desselben Auges gewechselt haben würde.

Das rothe Glas, dessen sich Biot[1]) zur Bestimmung des Drehungswinkels der Polarisationsebene für die Längeneinheit der Quarzdicke bediente, liess Roth und Orange durch. Billet[2]) verzeichnet 628 als den der Gesammtfarbe desselben entsprechenden Werth. Er stellt sie also dem Anfangsroth näher, als die des Fresnel'schen Glases. Da die Drehungswinkel von dem rothen Anfange nach dem violetten Ende des Spectrums wachsen, so musste die Beimischung des Orange einen grösseren Winkel, als dem wahren Roth zukommt, finden lassen. Biot giebt 17°,496 für sein Roth, Broch[3]) dagegen nur 17°,24 für C an. Es muss überhaupt befremden, dass man noch fast überall die Biot'schen Drehungswerthe für die einzelnen Farben, die aus Untersuchungen mit Gläsern gewonnen worden, und nicht die Broch'schen, die unmittelbar an dem Sonnenspectrum, also in weit zuverlässigerer Weise erhalten sind, angeführt findet. Da kein Glas homogen ist, so wird es einen zu grossen Drehungswinkel geben, wenn in ihm die dem violetten Ende näheren und einen zu kleinen, wenn die dem rothen Ende benachbarten Mischfarben den Ausschlag geben. Wenn z. B. Biot 25°,675 für die Grenze von Orange und Gelb, Broch dagegen nur 21°,67 für D verzeichnet, so werden wir schliessen, dass das von Biot benutzte Glas noch andere zwischen Gelb und Violett liegende Farben in einflussvoller Menge durchgelassen hat.

Die Verschiedenheit des Farbendurchganges durch die mannigfachen Rubingläser hat eine gewisse Bedeutung für die Beurtheilung mancher in der physiologischen Chemie vorkommenden Bestimmungen der Drehungswinkel von Lösungen organischer Körper. — Die einfacheren zur Ermittelung solcher Werthe gebrauchten Apparate bestehen aus zwei Nicol, zwischen denen die Probeflüssigkeit eingeschaltet wird, und einem rothen Glase, nach dem man das Helligkeitsminimum des Gesichtsfeldes bestimmt. Zwei Werthe des Drehungswinkels, welche eine gleichprocentige Lösung desselben Körpers in zweien mit verschiedenen Gläsern arbeitenden Apparaten geliefert haben, können nicht übereinstimmen, wenn das eine rothe

---

[1]) Biot, Mém. de l'Institut 1817. Tome II. Paris, 1819. 4. p. 58.

[2]) Billet a. a. O. Tome I. p. 46.

[3]) Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. Berlin, 1845. 8. S. 115.

Glas mehr orangefarbene oder gelbe Strahlen durchliess, als das andere.

Man zieht es in der Photographie vor, Kupferstiche statt der gefärbten Originalgemälde aufzunehmen, weil im Allgemeinen die chemischen Wirkungen der Farben von dem Roth nach dem violetten und dem ultravioletten Theile des Spectrums steigen und Roth und Gelb an und für sich sehr schwach wirken, ja angeblich nur die von dem weissen Lichte vorher begonnene Veränderung fortsetzen. Die Glasgemälde bilden einen der ungünstigsten Gegenstände der Photographie. Bedenkt man, dass sie ihre Haupterfolge durch das brennende Roth, das helle Gelb und das feurige Blau erreichen, so kann dasjenige, was über die Ungleichheit solcher Gläser oben bemerkt worden, erklären, weshalb eine photographische Abbildung eines Glasgemäldes eine andere Vertheilung von Licht und Schatten, als die Wirklichkeit giebt. Es hängt von ähnlichen Gründen ab, dass sich die isochromatischen Ringe doppelt brechender, in dem Polarisationsapparate untersuchter Platten in der Photographie anders darstellen, als sie das Auge unmittelbar sieht [1]). Hat man dagegen eine Silberplatte durch die Einwirkung von gasförmigem Chlor oder von Kupferchlorid in hohem Grade empfindlich gemacht, so giebt sie die Abbildung eines vollständigen Spectrums in den natürlichen Farben, die jedoch nur kurze Zeit halten [2]).

Eine auf die optische Achse senkrecht geschnittene Zinnoberplatte lieferte ein deutliches Beispiel, wie wenig sicher wir über die Einfachheit der Farbe eines Körpers ohne genauere Prüfung urtheilen. Sie zeigte schon den Mangel des Polarisationskreuzes innerhalb des ersten Ringes bei einer Dicke von $^3/_4$ Millimeter als Zeichen ihrer Drehung der Polarisationsebene, während eine Quarzplatte das gleiche Ergebniss erst bei ungefähr $3^1/_2$ Millimeter Dicke liefert. Das von ihrer Oberfläche zurückgeworfene Licht bedingte einen lebhaften schillernden Metallglanz [3]). Da er nur bei senkrecht gekreuzten Nicol, nicht aber bei parallelen mangelte, weil dann die Polarisationsebene des Analysators der Reflexionsebene der von der Oberfläche der Platte zurückgeworfenen Strahlen parallel war, so

---

[1]) Siehe Crookes, Pogg. Ann. Bd. XC. 1853. S. 483—88, und Stockes Ebendas. S. 488—97.

[2]) Edm. Becquerel, Ann. de Chimie. Trois. Série. Vol. XXII. 1848. p. 451—59.

[3]) Vgl. über solche Arten von Metallglanz Bruecke, Sitzungsberichte der Wiener Akad. Bd. XLIII. 1861. S. 187.

konnte man auch das der Parallelstellung von Polarisator und Analysator entsprechende Polarisationsbild bei freiem Zutritte äusseren Lichtes nicht wahrnehmen. Bessere Kenner der Optik und ich hielten die Platte für homogen roth, so dass ich schon an den praktischen Ersatz rother Gläser durch solche Zinnoberplatten dachte. Das Spektroskop lehrte aber, dass die Platte a bis E in gewöhnlichem und bis tief in das Blau hinein in sehr hellem Tageslichte durchliess. Das Roth war dessenungeachtet so gesättigt, dass die Polarisationsringe, welche die Platte zeigte, schwarz erschienen.

Andere scheinbar homogene Platten lieferten keine besseren Ergebnisse. Eine nahezu planparallele Platte von Titanit, die senkrecht auf die Mittellinie geschnitten war und eine gelbliche Farbe darbot, liess das Spectrum von dem rothen Anfange bis b, eine gelbe senkrecht auf die optische Achse geschnittene Platte von Honigstein, die beinahe 1 Millimeter dick war, von Roth bis tief in das Blau, und eine ungefähr $^1/_2$ Mm. dicke senkrecht auf die Mittellinie geschnittene Platte von chromsaurem Kali von dem Anfange des Roth bis D $^1/_2$ E durch. Eine Platte von Eisenkaliumcyanid oder Gmelin'schem Salze gab von A bis D $^2/_5$ E, ein bräunlicher ungefähr $^1/_2$ Mm. dicker Glimmer, dessen scheinbarer äusserer Achsenwinkel 68° betrug, alle Farben von Roth bis Hellblau, ein grünlicher scheinbar einachsiger Glimmer senkrecht auf die Mittellinie und $^1/_2$ Mm. dick von Roth bis tief in das Blau, eine grüne senkrecht auf die optische Achse geschnittene Platte von schwefelsaurem Nickeloxyd von A bis b $^3/_4$ F und eine grüne zweiachsige Platte desselben Salzes von Roth bis b $^1/_2$ F. Das blaue schwefelsaure Kupferoxyd senkrecht auf eine der beiden optischen Achsen geschliffen zeigte alle Farben von Roth bis in das Blau hinein und weinsaures Kupferammoniak von dem rothen Anfange des Spectrums bis F $^2/_3$ G.

Ein verhältnissmässig besseres Ergebniss als der Zinnober lieferten zwei der optischen Achse parallel geschliffene Platten von neutralem essigsaurem Kupferoxyd, die eine tief grüne mit etwas Blau vermischte Farbe darboten. Das Nörrenberg Polarisationsmikroskop zeigte in ihnen die dunklen Hyperbeln schon in gewöhnlichem Tageslichte. Das Spektroskop lehrte, dass die ungefähr $1^1/_2$ Millimeter dicken Theile der beiden Präparate von b bis ungefähr F $^1/_4$ G, also nur ein schmales Endstück des Grün und einen nicht sehr breiten Anfangstheil des Blau durchliessen. Diese

Platten waren hiernach nur für den verhältnissmässig kleinsten Spectralbezirk unter allen, die ich untersuchte, durchsichtig.

Die als Polarisator oder als Analysator gebrauchten, der optischen Achse parallel geschnittenen Turmalinplatten haben in der Regel eine grüne Farbe. Herschel[1]) giebt aber an, dass die gelben, die blauen und die grünen auf die erwähnte Weise geschliffenen Turmalinplatten den ordentlichen Strahl nur unvollkommen verschlucken. Gelbe, deren Farbe ins Bräunliche fällt, und vorzugsweise haarbraune oder rothbraune leisten nach ihm die besten Dienste in dieser Beziehung. Man benutzt andererseits häufig sogenannte farblose Turmaline, d. h. wenig gefärbte bräunliche und meist rissige Platten, um grosse Nicol an den Polarisationsapparaten zu ersparen. Alles Dieses führt schon zu der Vermuthung, dass die Farbe eine nur untergeordnete Rolle in Bezug auf die erwähnten Eigenschaften des Turmalines übernehmen wird. Die spektroskopische Untersuchung kann diesen Satz bestätigen.

Ich habe zum Gebrauche fünf Turmalinplatten, die allen billigen Forderungen genügen. Eine grüne, die $1^1/_3$ Millimeter dick ist, und eine etwas dickere derselben Farbe lassen Roth bis Blau durch. Eine rothbraune liefert ein Spectrum von dem Anfange des Roth bis b $^1/_2$ F und zwei sogenannte farblose, die den ordentlichen Strahl vollständig verschlucken, das ganze Spectrum bis zum Violett. Ein $^2/_3$ Mm. dicker senkrecht auf die Achse geschnittener grüner Turmalin aus Brasilien gab Roth bis tief in das Blaue hinein. — Man sieht hieraus, wie wenig einfarbig alle diese Turmalinsorten sind und wie sie dessenungeachtet Befriedigendes leisten.

Die am Ende des Winterschlafes getödteten Murmelthiere besitzen eine Krystalllinse, die eine grasgrüne Farbe schon in ganz frischem Zustande darbietet. Sie ändert ihre Färbung nicht wesentlich bei dem Eintrocknen oder nach Monate langer Aufbewahrung in Canadabalsam. Das Spectrum wird gewöhnlich von A bis ungefähr E durchgelassen. Die Flügeldecken der spanischen Fliegen gaben A bis F $^1/_3$ G und der grüne eingetrocknete Rückstand der Froschgalle von C bis b in gutem Tages- und bis in das Blau hinein in sehr hellem Lichte. Dunkle, die durchgelassenen Stellen trennende Bänder kamen in keinem dieser Fälle vor.

Das durch eine grosse Zahl von lebenden Exemplaren der

---

[1]) J. Herschel, Vom Licht. Uebersetzt von Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 449.

Euglena sanguinea ziegelroth gemachte Wasser[1]) beschattete das Spectrum etwas weiter als B und gab dann bis b 1/2 F ununterbrochen, also ohne eine Spur der später zu erwähnenden Blutbänder. Hatte ich die rothe Masse auf dem Filtrum gesammelt, so verdunkelte sie das Spectrum bis B und liess in dünnen Schichten bis F ohne Unterbrechung und in dicken nur bis D und selbst weniger durch. Kochte ich den trockenen Rückstand, der keinen Farbestoff an siedendes Wasser abgiebt, mit Weingeist, so bildete sich eine gelbrothe mit einem Stich ins Braune versehene Lösung. Sie lieferte einen schmalen Streifen des äussersten Roth, ein breites schwarzes Band, dann Roth, Gelb und Grün bis beinahe E, wenn man Schichten von 1 1/2 Centimeter Dicke untersuchte. Hatte die Lösung 24 Stunden gestanden, so erschien sie heller röthlichgelb. Eine geringe Menge eines röthlichen Pulvers war niedergeschlagen. Eine 1 1/2 Centimeter dicke Flüssigkeitsschicht zeigte dann äusserstes Roth, einen dunklen Streifen von beinahe a bis B und hell bis etwas über b, jedoch dabei im Grün einen Schattenstreifen, der von D 3/5 E bis D 4/5 E reichte und den ich in Proben der frischen weingeistigen Abkochung nicht bemerken konnte, wenn ich sie selbst so weit verdünnt hatte, dass das Grün bis E durchgelassen wurde. —

Das von zwei Spectraltheilen eingeschlossene dunkelschwarze Band und der nach dem Stehen auftretende Schattenstreifen und Grün kehren in dem Blattgrün wieder. Das Erstere findet sich dagegen nicht in dem frischen Blute. Etwas Aehnliches zeigt sich hier höchstens nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff. Das Blut hat dagegen zwei charakteristische Bänder im Grün, während die frische Euglenalösung gar keines und die durch Stehen veränderte höchstens eines darbietet. Die Verwandtschaft mit dem Chlorophyll scheint auch dadurch angedeutet zu sein, dass Euglenen, die man lange in der Gefangenschaft hält, grün zu werden anfangen, ungefähr wie der rothe Protococcus nivalis nach der Aufbewahrung in Chlorcalcium.

Man findet aber auch einen optischen Unterschied. Bereitet man sich eine so schwache Lösung des Euglenenfarbestoffes, dass die Flüssigkeit röthlichgelb erscheint, so zeigt eine 1 1/2 Centimeter dicke Schicht einen breiten dunklen Bezirk an dem Anfange des

[1]) Es stammte von der grossen Scheidegg im Berner Oberlande, wo es sich jeden Sommer findet.

Spectrums. Man sieht aber kein Ultraroth jenseit desselben in hellem Tageslichte, selbst bei dem Gebrauche des Schwefelkohlenstoff-Spektroskopes. Eine gleich dicke frische und sehr verdünnte Schicht einer Chlorophylllösung z. B. von Lactuca sativa giebt das vollständige Roth, das nur von einem schmalen schwarzen Striche durchzogen wird. Dieser erweitert sich zu einem breiten schwarzen Bande, wenn man zu Schichten von vier bis fünf Centimetern fortschreitet.

4) Farben tropfbarer Flüssigkeiten und der Dämpfe einzelner Körper.

Kommt es darauf an, eine tropfbare Flüssigkeit in einem mit ebenen parallelen Glaswänden versehenen Behälter zu untersuchen, so benutzt man am Einfachsten die jetzt zu Fluorescenzbeobachtungen häufig gebrauchten Tröge. Ein sehr schmaler, für den schon eine geringe Menge von Flüssigkeit ausreicht, genügt für das Spektroskop. Will man immer dickere Schichten prüfen, so nimmt man ein aus ebenen Glasplatten zusammengesetztes Hohlprisma, wie es zur Untersuchung der Brechungscoëfficienten von Flüssigkeiten verfertigt wird, oder ein prismatisches Gefäss, ähnlich wie es Bunsen für den Gebrauch von Indigolösung eingeführt hat. Die Tröge mit ebenen Glaswänden gewähren den Vortheil schärferer Bilder. Man kann sie auch vor der Eintrittsspalte oder vor der Durchsichtsöffnung des Spektroskopes einschalten. Runde Gläser geben undeutliche und streifige Bilder in dem letzteren, nicht aber in dem ersteren Falle. Man kann sie für die gewöhnlichen Studien gut benutzen und nimmt entweder kegelförmige Gläser, um Schichten von verschiedener Dicke unmittelbar nach einander zu prüfen, oder gewöhnliche Reagenzcylinder oder Flaschen von mannigfachen Durchmessern.

Wir wollen uns zunächst eine Reihe von Flüssigkeiten, die ich an dem Spektroskope untersuchte, übersichtlich zusammenstellen, einzelne eigenthümliche Erscheinungen, die sie darboten, hervorheben, und dann die besonderen Eigenschaften der bemerkenswerthesten dieser Prüfungskörper ausführlicher darstellen. Viele der Lösungen wurden mir von Hugo Schiff bereitet.

Lösung von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge in durchgelassenem Lichte und andere Eigenschaften	In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil
Farbestoff der Orseille (in Wasser).	1,0	Rothviolett.	A bis etwas über C, sehr schwach Grün und Blau.
Carmin in Amoniakflüssigkeit.	0,7	Roth und hell.	Anfang des Spectrums bis C $^2/_3$ D und violettes Ende.
Dsgl. concentrirter.	0,7	Dunkel rothviolett.	Brennend rother Streifen bis beinahe D und äusserstes Violett.
(Kalter Wasserauszug von) Campecheholz.	1,0	Weinroth.	A bis etwas vor D und spurweise Grün.
Dsgl. mit Ammoniak.	1,0	Braunroth bis schwarzroth.	Beschattet bis B, lebhaft durchlassend bis stark vor C, sonst spurweise Grün.
Schwefelcyaneisen.	0,7	Weinroth.	Anfang des Roth bis D $^1/_8$ E.
Dsgl. concentrirter.	0,7	Dunkler Roth.	Anfang des Roth bis C $^1/_3$ D.
Alter Holzessig.	1,5	Lebhaft Roth mit einem Stich ins Gelbe.	A bis beinahe E.
Rothe Salpetersäure.	3,5	Rothgelb.	Anfang des Roth bis D $^4/_5$ E.
Rothe Dinte.	0,7	Lebhaft roth.	Anfang des Roth bis etwas vor E.
Murexid (Harnsäure mit Salpetersäure behandelt, getrocknet u. mit kaustisch. Amm. versetzt)	1,0	Hell purpurroth.	A bis zwischen F und G.
Jod in Weingeist.	0,7	Dunkel weinroth.	Anfang des Roth bis C $^7/_8$ D.
Dsgl.	1,2	Dsgl.	A $^1/_4$ a bis C $^1/_5$ D.
Curcumatinctur.	1,	Braunroth.	A bis b $^1/_2$ F.
Tanninhaltiges Glycerin.	0,7	Braunroth.	Beschattet das Anfangsroth bis C, dann hell bis über F.
Aromatische Tinctur.	3,	Dunkelroth und durchsichtig.	A $^2/_3$ a hell, dann ein dunkles Band bis B $^1/_3$ C, hierauf hell bis D $^1/_2$ E.
Pomeranzentinctur.	3,5	Braungelb.	A bis etwas vor a hell, dann ein dunkles Band bis etwas über C und wiederum hell bis D $^3/_4$ E.
Zimmettinctur.	3,5	Dunkelroth.	Aehnlich und ebenfalls mit einem dunklen Bande im Roth.
Dsgl.	1,2	Dunkelbraunroth.	A bis D $^1/_2$ E. Dunkler Strich bei a und B.
Myrrhentinctur.	3,5	Desgl.	A oder a bis etwas über b.
Galläpfeltinctur.	2,6	Bräunlichgelb.	Beschattet bis B und lässt ununterbrochen bis b $^1/_2$ F durch.
Katechutinctur.	1,2	Bräunlichgelb.	Beschattet bis B und dann hell bis b.
Lithographenfirniss.	2,5	Bräunlichroth.	A bis ungefähr E.
Guajactinctur.	1,2	Braunroth.	Anfang des Roth bis D $^3/_4$ E.
Dänisches Brustelixir.	1,2	Braunschwarz.	Anfang des Roth bis beinahe F.
Weinigte Rhabarbertinctur.	1,2	Dunkelbraun.	A bis beinahe F. Alles sehr dunkel.

Lösung von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge in durchgelassenem Lichte und andere Eigenschaften	In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil.
Rhabarbertinctur, mit Weingeist etwas verdünnt.	1,2	Braunroth.	Roth jenseit A, dunkles Band von A bis B 1/3 C und hell bis D 1/6 E.
Weingeistiger Mastixfirniss.	1,5	Weinroth.	Vorzugsweise A bis etwas über D, dann schwach bis beinahe E. C etwas dunkler
Lacmustinctur.	3	Dunkelroth.	A 1/6 a bis B, dann um Vieles lichtschwächer bis gegen F.
Phenylsäure.	1,5	Rothgelb.	Bis a oder selbst B beschattet, dann bis D 2/3 E durchlassend.
Chromsäure in 10 Theilen Wasser.	1,2	Rothgelb, besonders bei auffallendem Lichte.	A bis D 1/3 E, dabei Gelb und Grün von auffallender Helligkeit.
Gelbe Salpetersäure.	7	Hellgelb.	Von dem Anfange des Roth bis tief in das Violett.
Thedensches Schusswasser.	4,5	Gelbroth.	A bis b.
Ingwertinctur.	3,5	Röthlichgelb.	A bis E.
Arnicatinctur.	3,5	Bräunlichgelb.	Verdunkelt A bis a und lässt durch bis beinahe b.
Goldfirniss.	1,2	Dunkelrothgelb.	A bis D 2/3 E.
Eisenchlorid.Titrirungslösung.	4,5	Gelb.	Bis B etwas schattig, dann hell bis F.
Chromsaures Kali.	4	Gelb.	A bis b 3/4 F.
Schwefel-Ammonium.	5	Braungelb.	A 1/4 a bis D 7/8 E.
Oleum Sulphuris Beguini (Schwefelammonium).	1,5	Goldgelb.	A bis D 2/3 E.
Glycerin.	3,5	Gelblich.	Anfang des Roth bis in das Violett.
Benzin.	3,5	Gelblich.	Beschattet ein wenig bis B und selbst bis C und lässt dann bis Violett durch.
Canadabalsam.	3,5	Etwas stärker gelb.	Dsgl., doch ohne merkliche Beschattung.
Damarfirniss.	2,5	Gelblich.	Dsgl.
Sandaracfirniss.	2,5	Hellgelb.	Dsgl.
Arabisches Gummi.	3	Gelb.	Dsgl. Scheint aber das äusserste Roth etwas zu verdunkeln.
Gereinigtes Terpentinöl.	3,5	Gelblich.	Roth bis tief in das Blau.
Fast farbloses Olivenöl.	3	Spur von Gelblich.	Dsgl.
Reines gelbes Olivenöl.	3,5	Rein Gelb.	Von jenseit des A bis A 1/4 a hell, dunkelschwarzes Band bis etwas über A 2/3 a, hell bis ungefähr D 2/3 E, dann ein Schattenstreif bis E, hierauf hell bis b, matter Schattenstreif bis b 1/6 F und rothes Fluorescenzlicht jenseit F.

Lösung von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge in durchgelassenem Lichte und andere Eigenschaften	In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil.
Gewöhnliches Olivenöl.	5,5	Gelb.	Aeusserstes Roth bis A $^1/_5$ a hell, dunkles Band bis B, matter Schattenstreifen von C $^1/_3$ D bis C $^2/_3$ D, in dem vorigen Olivenöle' kaum kenntlich, dann hell bis C $^3/_4$ D, dunkler Schattenstreifen bis b $^1/_4$ F, dann dunkel mit röthlichem Fluorescenzschimmer.
Bergamottöl.	$2^1/_2$	Grüngelb.	A $^3/_4$ a bis B $^1/_2$ C dunkel.
Ausgelassenes Menschenfett.	1,5	Gelb.	Schwach schattig bis beinahe B, dann ununterbrochen bis fast F.
Ausgelassenes Hundefett.	1,5	Schwach gelblich mit einem Stich ins Grüne.	Schwach schattig bis beinahe B, dann ununterbrochen bis F $^1/_2$ G.
Sehr reines, in höherer Wärme unmittelbar vorher flüssig gemachtes Fett des Steinadlers.	1,5	Schwach gelb m. einer Spur von Grün.	Ununterbrochen von A bis G.
Ausgelassenes Schildkrötenfett.	1,5	Gelb.	Schwach schattig bis B und selbst in geringerem Grade bis C, dann ununterbrochen bis b $^3/_4$ F.
Steinöl.	4	Gelb.	A bis F $^1/_3$ G.
Cassiaöl.	2,5	Gelb.	Anfang des Roth bis tief in Violett.
Weinessig.	4,5	Gelblich.	Macht A bis a etwas dunkler und lässt dann bis beinahe H durch.
Cyansilber.	6	Schwach gelblich.	A bis über G.
Chlorzinkammoniak.	5	Schwacher Stich in das Gelbe.	Roth bis zum Violett.
Chlorgold.	3	Dsgl.	Aeusserstes Roth bis b.
Eisenkaliumcyanür.	6	Hellgrünlichgelb.	Aeusserstes Roth bis F $^1/_2$ G.
Eisenkaliumcyanid.	4	Dunkelröthlichgrün bis Braungrün.	Vom Anfange des Roth bis F.
Salpetersäure.	1,5	Grün.	Nahe hinter A bis F $^1/_2$ G.
Chromchlorid (aus Chromoxyd und Salzsäure bereitet).	0,7	Dunkelgrün.	Lässt a bis C $^2/_3$ D mit sehr geringer Lichtstärke durch, dann schattig bis D $^3/_5$ E, hierauf lichtstark bis F $^1/_7$ G oder F $^1/_4$ G; das Grün besonders nachdrücklich.
Herapathit im Weingeist.	0,7	Grün.	Anfang des Roth bis F $^1/_2$ G.
Bleiessig.	4	Schwach grünbläulich.	Löscht das äusserste Roth trotz der sehr unbedeutenden Färbung aus. Dann hell von C bis b $^1/_2$ F.

Lösung von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge in durchgelassenem Lichte und andere Eigenschaften	In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil.
Jodstärke (in Wasser aufgeschwemmt).	1	Blau.	Beschattet mässig das Anfangsroth und dann hell bis tief in das Blau.
Essigsaures Kupferoxyd.	3	Dsgl.	Dunkel und schattig bis beinahe D 1/3 E, hell bis G.
Salpetersaures Kupferoxyd.	2,8	Hellblau.	Dunkel von A bis C 1/2 D, dann hell bis über G.
Mischung von salpetersaurem Kupferoxyd und salpetersaurem Silberoxyd.	5,5	Dsgl.	Dunkel und dann schattig von A bis C 3/4 D, ein schwacher Schatten noch bis über D, hierauf hell bis ungefähr G.
Schwefelsaures Kupferoxyd.	5	Hellblau.	Dunkel und schattig bis etwas über C 3/4 D, dann hell bis in das Violett.
Fehling'sche Lösung.	6	Blau.	E 1/2 b bis F 3/4 G.
Kupferoxyd-Ammoniak.	0,7	Gesättigt Blau.	b 3/4 F bis etwas über G oder selbst über H [1]).
Chlorkobalt.	1,3	Roth.	Am Hellsten von dem Anfange des Spectrums bis D 1/3 E, dann besonders Blau und Anfangsviolett.
Dsgl.	1,3	Durch Erwärmen blau gemacht.	Lässt vorzugsweise Roth und daneben einen grünlich blauen Streifen durch.
Berlinerblau in Kleesäure.	0,7	Blau.	D 1/10 E bis G 1/8 H oder bei stärkerer Concentration bis F 3/4 G [2]).
Indigocarmin.	0,7	Mässig dunkelblau.	Von Anfang des Roth bis B 3/4 C oder beinahe C, dann ein bis D 1/3 E reichender dunkler Bezirk, hierauf hell bis F 3/4 G oder F 5/6 G.
Dsgl.	0,7	Dunkles Blau.	Anfang des Roth bis B 1/3 C, schwarzes Band bis D 3/5 E, dann hell bis F 2/5 G [3]).
Lacmustinctur.	0,7	Dunkelblauviolett.	Aeusserstes Roth bis C sehr stark, alle übrigen Farben dagegen bis Violett schwächer.

Diese Beispiele bestätigen

1) dass im Allgemeinen unter den scheinbar einfarbigen Flüssigkeiten die gelben das ganze Spectrum durchzulassen pflegen.

---

[1]) Vergl. Pouillet Müller, Lehrbuch der Physik. Vierte Auflage. Braunschweig, 1853. 8. Taf. I. Fig. 3, und Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 605.

[2]) Ebendaselbst Fig. 2.

[3]) Ebendaselbst Fig. 4.

Die bald zu erwähnende Eigenthümlichkeit des Olivenöls und des Bergamottöls macht eine Ausnahme von dieser Regel.

2) Die von einzelnen Schriftstellern als vorzugsweise einfarbig hervorgehobenen Lösungen des Carmins, des Schwefelcyaneisens, des Kupferoxydammoniaks oder des Berlinerblau lassen immer noch eine verhältnissmässig grosse Menge verschiedener Farben durch.

3) Manche Lösungen, z. B. die mit Weingeist verdünnte Rhabarbertinctur, die untersuchte gelbe reine Sorte des Olivenöles und das Bergamottöl verlängerten das Spectrum jenseit A nach dem Anfange des Wärmespectrums hin. Hiermit verband sich die Eigenthümlichkeit, dass daneben ein schwarzes Band im Roth auftrat. Wir werden diesem Umstande auch noch in anderen Fällen später begegnen. Das reinere und das minder reine Olivenöl lieferten noch zwei mattere Schattenbänder im Grün. Alle diese dunklen Streifen fehlten dagegen dem sehr reinen und fast farblosen Olivenöl. Sie rührten also von Beimischungen von Xanthophyll durch das Pressen her. Diese Auffassungsweise wird noch dadurch gestützt, dass die reinen Fette des Menschen, des Hundes, des Adlers und der Schildkröte keine Spectralbänder lieferten.

4) Manche braunrothe Flüssigkeiten, wie die aromatische Tinctur, die Pomeranzen-, die Rhabarbertinctur erzeugten breitere oder schmalere schwarze Bänder im Roth. Diese sind für uns um so merkwürdiger, als das Haematin- und das Haeminspectrum des Blutes etwas Aehnliches darbietet und wir das Gleiche in manchen giftigen Tincturen wiederfinden werden.

5) Andere Flüssigkeiten, z. B. die Lösungen des Chromchlorids oder des Indigocarmins, zeigen breite dunkle Bänder in den gelben, grünen oder blauen Theilen des Spectrums. Die Wirkung der Kobaltlösung giebt ein deutliches Beispiel, wie bisweilen das freie Auge die wahre Farbenbeschaffenheit unrichtig beurtheilt.

6) Manche an und für sich wenig gefärbte Lösungen, z. B. des Eisenchlorids und vorzugsweise des salpetersauren, des schwefelsauren und des essigsauren Kupferoxyds verlöschen den rothen Anfangstheil des Spectrums. Die letzteren Salze leisten daher bisweilen gute Dienste bei Fluorescenzuntersuchungen.

Brewster[1]) gab an, dass das Chromoxydkali optische Eigen-

---

[1]) Brewster, Pogg. Ann. Bd. XXXVII. 1836. S. 317—319.

thümlichkeiten, wie kein anderer Körper darbietet. Besitzt die Lösung eine so geringe Dicke, dass man kaum eine Färbung wahrnimmt, so beseitigt sie schon die gelben Strahlen in der Nähe von D. Dickere Schichten verschlucken ausserdem die orangefarbenen, die noch übrig gebliebenen gelben und die noch weniger brechbaren grünen Strahlen. Ganz dicke Lagen lassen nur die rothen Strahlen durch und man sieht hier eine dunkle Linie in a $^1/_3$ B, die sonst nur mit Hilfe der besten Prismen zur Anschauung gebracht wird[1]). Es erhellt aus einer späteren Mittheilung[2]), dass das von Gregory für Brewster dargestellte Präparat kleesaures Chromoxydkali war.

Eine dunkelviolettrothe, durch Vermischung von Kleesäure mit rothem chromsaurem Kali erzeugte Flüssigkeit lieferte mir das Roth von dem Anfange des Spectrums bis C, gab dann dunkel bis b $^1/_2$ F und hell bis F $^1/_5$ G. Eine stärker concentrirte Lösung liess nur Roth bis C in mässigem, nicht aber in sehr hellem Tageslichte durch. Der trockene aus dunkelvioletten Blättchen bestehende Rückstand, der in durchfallendem Lichte tief blaugrün erschien, gab das Spectrum von A bis C, verdunkelte den Raum von C bis etwas über b und zeigte wieder hell von da bis F $^1/_2$ G. Er erschien gelbroth durch ein dunkelblaues zu Erythroskopversuchen taugliches Glas.

Die scheinbar so reinen Farbestoffe, die man jetzt aus dem Steinkohlentheer darstellt und so häufig technisch verwerthet, bilden keine einfachen Farben. Das Fuchsin erzeugte ein sehr lebhaftes Roth und Rothorange, das bis C $^3/_5$ D reichte, hielt aber auch die übrigen Farben nicht vollständig ab. Das Violin gab von dem Anfange des Roth bis beinahe D, ausserdem noch schwaches Grün und stärkeres Blau von F $^1/_2$ G bis tief in das Violett. Das blauviolette Azulin zeigte das Spectrum von A bis G $^1/_2$ H oder bis noch weiter in das Violett hinein.

Brewster und Gladstone[3]) erwähnen schon, dass die Lösungen des übermangansauren Kali, so wie die Uran- und die Didymverbindungen dunkle Bänder im Spectrum hervorrufen. — Da sich das übermangansaure Kali an der Luft zersetzt, so untersuchte ich eine in einer Glasröhre eingeschmolzene Lösung. Sehr dünne Schichten liessen das Spectrum von dem Anfange desselben bis über G durch, gaben aber vier dunkle Bänder in gewöhnlichem

---

1) Vgl. Pouillet Müller a. a. O. Bd. I. Taf. I. Fig. 5.
2) Brewster und Gladstone, Philos. Transact. 1860. p. 157.
3) Brewster und Gladstone Ebendas. p. 157.

und fünf in hellem Tageslichte. Das erste schwächste reichte ungefähr von D $^{1}/_{6}$ E bis D $^{1}/_{3}$ E, und die drei folgenden stärkeren von D $^{1}/_{2}$ E bis D $^{2}/_{3}$ E, von E bis b und von b $^{3}/_{10}$ F bis beinahe b $^{1}/_{2}$ F. Die F-Linie selbst schien bisweilen etwas breiter zu sein und an sie legte sich ein dunkler Streifen, wenn man helles Licht benutzte. Einige schwache Streifen schienen noch im Blau und einer selbst im Violett vorzukommen.

Betrachtet man die Abbildung, welche Simmler[1]) von den vier hellen grünen Bändern des Spectrums der grünen Flamme des Manganchlorids gegeben hat, so liegt die Vermuthung nahe, dass sie dieselben Orte, wie die oben erwähnten dunklen Linien des übermangansauren Kali einnehmen. Man hätte daher hier die Absorption durch die flüssige Lösung an denselben Stellen, wo die grösste Emissionsstärke in den leuchtenden Dämpfen vorhanden ist (S. 3). Miller[2]) fand schon, dass ähnliche Linien im Grün (und Blau) durch die Dämpfe des Manganhyperchlorides, nicht aber des Manganfluorids erzeugt werden.

Die optischen Eigenschaften des Blattgrüns oder des Chlorophylls haben schon eine grössere Reihe von Forschern beschäftigt. Newton[3]) glaubte von der Farbe der Körper auf die Grösse ihrer Theilchen schliessen zu können. Da es von der Dicke der dünnen Blättchen unter sonst gleichen Verhältnissen abhängt, welche Farben sie in dem zurückgeworfenen oder dem durchgehenden Lichte liefern und die genauere Untersuchung der Newton'schen Ringe die den einzelnen Farben verschiedener Ordnungen entsprechenden Dicken kennen lehrt, so sei hierdurch ein Mittel gegeben, die Grösse (richtiger die Dicke) der den Körper zusammensetzenden Theilchen zu bestimmen. Kennt man die (optische) Dichtigkeit derselben, so dass man die Berechnung auf die des Körpers, der die Ringe erzeugte, zurückzuführen vermag, so brauche man nur anzugeben, welcher Ordnung die Körperfarbe in dem zurückgeworfenen Lichte sei. Newton[4]) bemerkt bei dieser Gelegenheit, dass das Grün vierter Ordnung eine gute Farbe gebe, das dritter dagegen die reinste. Das Pflanzengrün gehöre, wie es scheint, zu der

---

[1]) R. Th. Simmler, Beiträge zur chemischen Analyse durch Spectralbeobachtungen. Chur, 1861. 8. Taf. I. Fig. 6.

[2]) W. A. Miller, Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1846. S. 413.

[3]) Newton, Optice. Ed. Clarke. 1740. 4. p. 192. 195.

[4]) Ebendas. p. 196.

letzteren, da die Färbung der Gewächse sehr gesättigt ist und sie sich in Grüngelb, Gelb, Orange oder Roth durch die Beimischung von Zwischenfarben im Herbste umwandelt. Als Brewster [1]) seine Untersuchungen über den Einfluss einer Chlorophylllösung auf das Spectrum des Sonnenlichtes veröffentlichte, sprach er sich gegen diese Auffassungsweise von Newton aus. Seine Arbeit ist aber in doppelter Hinsicht bemerkenswerth. Brewster beschrieb dabei zuerst die dunklen Bänder, welche eine Lösung des Blattgrüns in dem Sonnenspectrum erzeugt und erläuterte noch bei dieser Gelegenheit die Entstehung der natürlichen Farben der Körper auf eine sehr klare Weise. Die Untersuchungen über die Wirkungen des Chlorphylls auf das Spectrum wurden später von Angström [2]), Stockes [3]), Harting [4]), Weiss [5]) und Simmler [6]) fortgesetzt.

Das Blattgrün liefert ein deutliches Beispiel einer Anwendungsweise des Spektroskopes, die von den Chemikern und den Physiologen in Zukunft oft gemacht werden wird, um nämlich in geeigneten Fällen nachzusehen, ob Massen, die man aus einem organischen Körper darstellt, in diesem ursprünglich enthalten waren oder nicht. Brewster [7]) bemerkte schon, dass man zwei schwarze Bänder im Roth, zwei dunkle Streifen im Grün und einen im Blau sieht, wenn man eine hinreichend dicke Schicht einer Lösung von Blattgrün auf das Spectrum wirken lässt und Weiss [8]), dass die Bänder im Grün um so breiter werden, je dicker die eingeschaltete Flüssigkeitsschicht ist. Da nun Simmler [9]) den Absorptionsstreifen zwischen B und C in den Blättern von Ficus elastica und Gladiolus gesehen hat, so folgt, dass ein Chlorophyll mit dieser absorptiven Eigenschaft schon in den beiden genannten lebenden Pflanzen verhanden ist.

Die Lichtstärke hat einen bedeutenden Einfluss auf diese Art

---

[1]) Brewster, Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. II. Edinburgh, 1834. 4. p. 133 und p. 538—545.

[2]) Angström, Pogg. Ann. Bd. XCIII. 1854. S. 475.

[3]) Stockes, Philos. Transact. 1862. p. 460, und Pogg. Ann. Ergänzungsband IV. 1853. S. 218.

[4]) Harting, Pogg. Ann. Bd. XCVI. 1855. S. 543—50.

[5]) Weiss, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. XLIII. 1861. S. 210. 211. Pogg. Ann. Bd. CXII. 1861. S. 153—156.

[6]) Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 611—614.

[7]) Brewster a. a. O. Plate XII. Fig. 2.

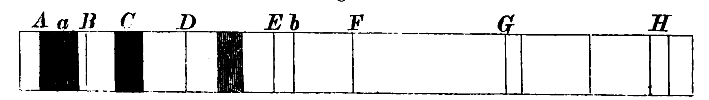
[8]) Weiss a. a. O. S. 209.

[9]) Simmler a. a. O. S. 605.

von Untersuchungen. Hält man ein Blatt vor die Spalte des Spektroskopes, so wird man das äusserste, jenseit des dunklen Bandes liegende Roth erkennen oder nicht, je nachdem das gebrauchte Licht sehr hell oder von nur mässiger Stärke ist. Ein gutes Mittel, den Streifen des äussersten Roth sichtbar zu machen, besteht darin, dass man das Blatt einige Stunden in Wasser und noch besser in Weingeist liegen lässt. Gaben mir die Blätter von Typha latifolia, Lactuca sativa und Robinia pseudoacacia das äusserste Roth nicht, so erhielt ich es sogleich jenseit des schwarzen Streifens, wenn ich sie nur kurze Zeit mit Weingeist gekocht hatte. — Selbst Blätter von Prunus Cerasus oder Justicia adadothea, die erst nach langem Kochen den Weingeist grün zu färben anfangen, fügen sich dieser Behandlungsweise.

Untersuchte ich eine nicht sehr starke weingeistige Lösung des Confervengrüns in einer Schicht von 10 Millimetern, so erhielt ich nur ein tiefschwarzes Band, das von A 2/5 a bis a 1/2 B reichte und von da an Helligkeit bis b 1/2 F. Man sah im Blau einen röthlichen Fluorescenzschimmer. Das Anfangsroth, welches das breite schwarze Band begrenzte, lag weiter nach dem Anfange des Wärmespectrums hin, als der nach Entfernung des Chlorophylls sichtbare rothe Anfangstheil des Spectrums. Eine concentrirtere weingeistige Abkochung desselben Confervengrüns dagegen in einer Schicht von 25 Millimetern untersucht, gab zwei dunkle Bänder im rothen Theile

Fig. 13.



des Spectrums Fig. 13. Man hatte ein äusserstes Roth jenseit A, ein erstes tief schwarzes Band von A bis a 1/2 B, hierauf Roth bis fast C, ein zweites tiefschwarzes Band ungefähr von etwas vor C bis C 2/5 D, hell von da bis b 1/3 F, einen Schattenstreifen bei D 1/3 E und endlich dunkel im Blau, das einen schwach röthlichen Schimmer zeigte. Das aus dem Chlorophyll darstellbare Xanthophyll giebt ebenfalls zwei schwarze Bänder im Roth und einen Schattenstreifen im Grün [1]).

Setzte ich eine sehr geringe Menge von Salpetersäure zu der Chlorophylllösung der Confervenmasse, so nahm die Flüssigkeit eine grünlich gelbe Farbe an. Eine Schicht von 10 Mm. Dicke lieferte

[1]) Vgl. Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 616. Taf. VII. Fig. 13.

ein schwarzes Band von A $^1/_4$ a bis a $^1/_2$ B und einen Schattenstreifen, der ungefähr von D $^3/_4$ E bis D $^7/_8$ E reichte. Die Helligkeit erhielt sich bis F. Etwas mehr Salpetersäure erzeugte noch einen zweiten Schattenstreifen bei E $^3/_4$ b, noch mehr dagegen, wodurch die Lösung eine grünblaue mit einem deutlichen Stich in das Gelbe versehene Farbe erhielt, machte die beiden grünen Schattenstreifen unsichtbar, bedingte dagegen ein tiefschwarzes Band von A $^3/_4$ a bis B $^1/_8$ C. Die Helligkeit reichte zugleich bis in das Violett hinein.

Ich liess dieselbe Confervenmasse eine Reihe von Wochen faulen, so dass sie eine schmutzig graugrüne Farbe annahm. Die grüne weingeistige Abkochung zeigte dessenungeachtet noch ein schmales äusserstes Roth, ein schwarzes Band und hierauf Roth, Gelb und Grün bis b.

Der ganz frische Weingeistauszug der Eschenblätter lieferte ein tiefschwarzes Band im äussersten Roth von a bis B $^1/_3$ C oder B $^1/_2$ C, hell bis b $^2/_5$ F und einen rothen Fluorescenzschimmer jenseit dieser Stelle bis ungefähr F $^1/_2$ G. War er eine Reihe von Wochen im Dunklen und vor der Luft geschützt aufbewahrt worden und hatte sich indessen schwach getrübt, so gab er ein tiefschwarzes Band von A $^1/_2$ a bis B, ein schattiges Band von D $^3/_5$ E bis D $^7/_8$ E und ein zweites minder deutliches bei E. Man sah diese Schattenbänder im Grün bei einer Dicke von 10 Mm. Sie fehlten dagegen bei derselben Dicke eines frisch bereiteten Weingeistauszuges des Confervengrüns.

Da sich das Spectrum des Schwefelkohlenstoffprisma auf einmal übersehen lässt und zugleich selbst bei dicken Schichten der Chlorophylllösung sehr hell bleibt, so erkennt man bei einer Dicke von $3^1/_2$ Centim. einer der beiden genannten Blattgrünlösungen, wie zuerst ein schmales Band des äussersten Roth, dann ein breiter schwarzer Streifen, hierauf ein lebhaft gelbes und dicht daneben ein grünes, dann ein schmales schwarzes und endlich ein grünes Band auftreten.

Die blauen Blumenblätter von Delphinium elatum lieferten ein deutliches Beispiel, wie die schon in ihnen enthaltene farbige Masse charakteristische Absorptionsstreifen erzeugt. Befestigte ich ein solches Blatt vor der Eintrittsspalte des Spektroskopes, so liess es das Licht von A bis etwas über B $^1/_3$ C durch. Man hatte dann ein dunkles Band von B $^1/_3$ C bis C $^1/_3$ D, hierauf hell bis D, dann einen dunklen Streifen bis ungefähr D $^1/_5$ E oder D $^1/_6$ E, endlich hell bis in das Violett hinein. Verwelkte Blätter lieferten diese

Bänder nicht mehr. Der stark blauviolette, ganz frische Weingeistauszug solcher Blumenblätter, der den grössten Theil seiner Färbung nach kurzer Zeit verlor, zeigte hell von dem rothen Anfange des Spectrums bis C, einen dunklen Streifen bis C $^3/_5$ D, hell bis D $^1/_8$ E, einen zweiten dunklen Streifen bis D $^1/_3$ E, hell bis ungefähr E $^1/_{10}$ b, dunkel bis etwas über b, hell bis kurz vor F, einen schmalen dunklen Streifen kurz vor F und endlich hell bis in das Violett hinein.

Ein feurig rothes Blumenblatt von Papaver orientale liess das Licht von A bis D $^1/_6$ E durch, ohne einen merklichen Schattenstreifen zu bedingen. Das Gleiche wiederholte sich für die gelben Blätter der Artemisia tinctoria, die von A bis b $^1/_4$ F hell gaben. Der rothe Weingeistauszug von Papaver orientale liess Gelb, Grün und Blauviolett ausser Roth durch und schien den Bezirk unmittelbar vor der D-Linie schattiger zu machen. Der gelbe der Artemisiablätter zeigte A bis F, ohne dass der gelbe Streifen bei D an Helligkeit gewann.

Ein gelbes Herbstblatt von Robinia pseudoacacia beschattete bis B und liess dann ununterbrochen bis E durch. Die gelbe Weingeistabkochung gab das ganze Spectrum, verdunkelte aber auch schwach bis B. Dasselbe geschah von den weissen Blumenblättern von Datura Stramonium. Manche gefärbte Blumenblätter zeigten etwas Aehnliches, wie das Blattgrün (S. 71), d. h. dass neue optische Eigenschaften durch das Ausziehen des Farbestoffes mit Weingeist auftraten. Die blauen Blumenblätter von Lobelia inflata liessen von dem Anfange des Roth bis tief in das Blau durch. Ihre blaulilafarbene Weingeistabkochung dagegen lieferte zwei Schattenstreifen im Roth bei $1^1/_2$ Centimeter Dicke. Die dunkel blauvioletten Blätter der in den Kunstgärten gezogenen Viola tricolor beschatteten bis B und selbst bis C, gaben dann vorzugsweise Roth und das Anfangsgelbe bis etwas über D, liessen aber ausserdem noch ein schwaches Grün und Blau erkennen. Ihre blauviolette Weingeistabkochung lieferte aber einen schwarzen Streifen zwischen C und D und einen Schattenstreifen im Grün, von denen die frischen Blätter keine Spur verriethen. Noch ziemlich blaue Blumenblätter eines seit längerer Zeit getrocknet aufbewahrten Exemplars von Aconitum Napellus beschatteten bis C, liessen aber dann bis in das Violett ununterbrochen durch.

Die rothe wässerige und die ähnlich gefärbte weingeistige Abkochung der Krappwurzel lieferte das Spectrum von dem An-

fange des Roth bis ungefähr D $^2/_3$ E. Ich konnte keine dunklen Bänder, sei es unmittelbar nach der Bereitung oder einige Wochen nach der Vermischung mit Pepsinlösung, wahrnehmen. Da Brewster und Gladstone[1]) das Alizarin und das Purpurin unter den Körpern nennen, die schwarze Spectralstreifen erzeugen, so muss der Unterschied von der Krappsorte oder davon abgehangen haben, dass jene Farbestoffe andere optische Eigenschaften als die Krappwurzel selbst besitzen.

Ich kochte Wasser eine Zeit lang aus, um alles etwa vorhandene Ammoniak zu vertreiben und löste darin Krystalle von Haematoxylin, die aber nicht farblos, sondern blau waren. Die rothviolette Flüssigkeit liess bei 4 Mm. Dicke vorzugsweise A bis C $^1/_2$ D, dann aber noch schwach bis über F ununterbrochen durch. — Die letzteren Farben zeigten sich nicht in dem Schwefelkohlenstoff-Spektroskope. Die rothviolette Wasserverdünnung gab A bis C $^3/_4$ D bei einem Centimeter Dicke. Sie wurde mit kaustischem Ammoniak versetzt zuerst blauviolett und lieferte dann Roth bis tief in das Blau. Ihre Farbe erschien bald darauf rothviolett und das Blau des Spectrums war dann weniger sichtbar.

Das Blut gehört zu den für die Spectraluntersuchung fruchtbarsten Flüssigkeiten. Als ich einen dünnen Schnitt des Blutkuchens des Kaninchens vor die Eintrittsspalte des Spektroskopes gebracht hatte, bemerkte ich, dass sich zwei dunkle Bänder in dem Grün auch noch nach der Fortnahme der Blutmasse erhielten. Ich war der Spalte zu nahe gekommen, so dass eine dünne Blutschicht in ihr haften blieb. Dieses zeigte, dass die spectralen Blutbänder, deren Verhältnisse uns ausführlicher beschäftigen werden, in nicht sehr dicken Lagen von Blut zum Vorschein kommen.

Ich hatte diese Beobachtung gemacht und hierauf alle im Folgenden erwähnten Erfahrungen gewonnen und niedergeschrieben, als mir zu Gesichte kam, dass Hoppe[2]) die spectralen Blutbänder schon gesehen, deren Verhältnisse von chemischem Standpunkte vielseitiger als ich untersucht und ebenfalls den Gedanken geäussert hat, sie für die gerichtliche Medicin zu verwerthen. Es freute mich dabei, dass Vieles, das ich neu gefunden zu haben glaubte, wie das Vorkommen der spectralen Blutbänder in dem hellrothen und dem dun-

---

[1]) Brewster und Gladstone, Philosoph. Transact. 1860. p. 157.

[2]) Hoppe, Virchow's Arch. für pathologische Anatomie. Bd. XXIII. 1862. 8. S. 446—449.

kelrothen Blute, das Verharren derselben nach der Behandlung des Blutes mit Wasserstoff, Aether, Chloroform, Ammoniak oder kohlensauren Alkalien, das Verschwinden durch Säuren oder kaustische oder kohlensaure Alkalien im Ueberschusse, endlich das dunkle Absorptionsband des Haematins im Roth, nur Bestätigungen der Ergebnisse bildeten, die mein mir unbekannter Vorgänger schon erhalten hatte. Ich war hierdurch vor der Gefahr des Irrthums um so eher gesichert.

Der Farbenunterschied des hochrothen und des dunkelrothen Blutes lässt sich natürlich ebenfalls an dem Spektroskope genauer verfolgen. Brücke[1]) giebt an, dass der Blutfarbestoff zweierlei Modificationen darbietet, eine, in der er gesättigt roth in verschiedenen Schichten erscheint und eine, in der er in dickeren Lagen roth, in dünneren dagegen grün ist. Wird das arterielle Körperblut venös, so geht der Farbestoff aus dem ersten in den zweiten Zustand über. Man kann aber jenen durch die Einwirkung des Sauerstoffes wiederum herstellen. Heidenhain[2]) sah diesen Dichroismus des Blutes in ausgezeichneter Weise, wenn er geringe Mengen von Kali oder Natron zu der durch Kohlensäure geschwärzten und verdünnten Blutmasse gesetzt hatte.

Ich nahm zwei Portionen ganz frischen Kalbslutes, das ziemlich hochroth erschien, leitete einen Strom von Kohlensäure, die ich aus Marmor und verdünnter Salzsäure entwickelte, durch die eine durch, bis sie tief dunkel geworden war. Sauerstoff, der durch die Erhitzung von chlorsaurem Kali gewonnen wurde, ging durch die andere, bis ihre Farbe stark hellroth erschien. Nun befestigte ich einen Siegellackstreifen auf der Mitte einer warmen Glasplatte, so dass er eine vollständige Scheidewand bildete, wenn ich eine zweite kleinere erwärmte Glasplatte parallel der ersten auflegte. Man erhielt auf diese Weise zwei Seitenkammern von ungefähr je $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ Millimeter Dicke. Da die untere Glasplatte grösser als die obere war, so brauchte man nur das Blut auf dem freien Theile von jener auszubreiten und durch vorsichtiges Neigen in die Kammer einfliessen zu lassen. Die eine bekam das durch den Sauerstoff hochroth gemachte und die andere das durch die Kohlensäure dunkelroth ge-

---

[1]) Brücke, Pogg. Ann. Bd. XCIV. 1855. S. 426.

[2]) R. P. H. Heidenhain, Disquisitiones criticae et experimentales de sanguinis quantitate in mammalium corpore exstantis. Halis, 1857. 4. p. 34.

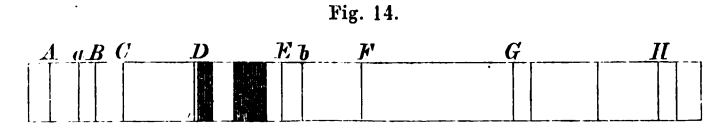
wordene Blut. Man konnte daher beide unmittelbar neb
auch nach einander spektroskopisch untersuchen.

Beide Blutarten erzeugten vor Allem ein lebhaftes rothes das zuletzt in einen gelben Streifen bei D überging. Das Spe um hörte hier bei dem Gebrauche mässigen Lichtes auf. Helleres Licht liess noch eine geringe Menge Grün und Blau durchschimmern, ohne dass jedoch dunkle Blutbänder mit Deutlichkeit erkannt wurden. Der Anfang des Spectrums war aber in beiden Fällen ungleich. Untersuchte man das Präparat mit dem Fig. 2 abgebildeten vergrössernden Spektroskope, so gab das hellrothe Blut von A bis D, das dunkelrothe dagegen von A $^1/_2$ a bis D. Der Unterschied fiel also auf den Anfangstheil des Spectrums, während beide Blutarten bis zum Gelb durchgängig waren.

Ich mischte 4 Cubikcentimeter des frischen ziemlich hellrothen Kalbsblutes mit 30 C. C. Wasser. Das Ganze bildete eine hellrothe Flüssigkeit. Eine Schicht von 16 Millimetern Dicke gab an dem Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma einen hellrothen Streifen, kein gelbes Band, sondern unmittelbar darauf grün und später Blau und selbst noch etwas Violett. Die nähere Prüfung an dem vergrössernden Spektroskope lehrte, dass vor Allem das Licht von A bis C $^5/_6$ D durchging. Man hatte hier ein sehr schmales gelbes Band in der unmittelbaren Nachbarschaft der D-Linie. Grün, Blau und Violett wurden der geringeren Lichtstärke wegen gar nicht erkannt. Die Durchleitung eines Stromes von Kohlensäure machte diese Mischung von Wasser und Blut nur um Weniges dunkler. Die Farbenänderung reichte jedoch hin, um das Grün, das Blau und das Violett des Schwefelkohlenstoffprisma schon bei einer Flüssigkeitsschicht von 10 Millimetern Dicke zu beseitigen. Der rothe Hauptstreifen reichte aber von A bis D.

Ein Cubikcentimeter des zuerst genannten frischen Blutes, das die durchgeleitete Kohlensäure möglichst geschwärzt hatte, wurde mit 41 Cubikcentimeter Wasser vermischt. Die weinrothe Flüssig-

Fig. 14.



keit zeigte bei einer Dicke von 15 Millimeter ein feuriges Roth von A bis D, einen schmalen gelben Streifen dicht bei D, ein erstes dunkles Blutband von da bis D $^1/_4$ E, Grün, aber ebenfalls merklich

schattig von D $^1/_4$ E bis D $^3/_5$ E, ein zweites dunkles Blutband von D $^3/_5$ E genau bis E, endlich Grünblau bis F, wo das Spectrum aufhörte. Eine 4 Mm. dicke Schicht der gleichen Lösung gab A bis D $^1/_{10}$ E, ein erstes dunkles Blutband von D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_4$ E, helles Grün von da bis D $^3/_5$ E, ein zweites dunkles Blutband von D $^3/_5$ E bis D $^9/_{10}$ E, endlich hell bis über F hinaus. Die Blutbänder sind in Fig. 14 nach einer verdünnteren Lösung, die besonders das zweite Blutband schmäler gab, eingetragen.

Ein Cubikcentimeter der Flüssigkeit, die $^1/_{42}$ Blut enthielt, ward mit 43 C C. Wasser gemischt. Diese zweite Flüssigkeit, die noch einen Stich ins Bräunlichgelbe darbot und nur $^1/_{1848}$ oder ungefähr $^1/_{20}$ % Blut führte, liess von Roth bis Violett durch und gab noch bei 15 Millimeter Dicke ein deutliches mattschwarzes erstes Blutband von D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_5$ E und ein weit schwächeres zweites mattschwarzes von ungefähr D $^3/_5$ E bis D $^4/_5$ E an dem vergrössernden und daher lichtschwächeren Spektroskope (siehe Fig. 14). Das mit dem Schwefelkohlenstoffprisma zeigte beide wiederum schärfer. Sie fehlten dagegen in einer Flüssigkeit, die einen Cubikcentimeter jener $^1/_{1848}$ Blut führenden Mischung und 40 C. C. Wasser oder $^1/_{75768}$ Blut enthielt und völlig farblos erschien.

Ich wiederholte die gleiche Verdünnung mit dem Blute, das die Durchleitung des Sauerstoffes möglichst hochroth gemacht hatte. Mischte ich 1 C. C. desselben mit 40 C. C. Wasser, so erhielt ich eine Flüssigkeit, die ein helleres und offenbar anderes Roth darbot, als die, welche $^1/_{42}$ dunkelrothen Kohlensäureblutes enthielt. Eine Schicht von 15 Millimetern Dicke liess von A bis D $^1/_{20}$ E, wo ein schmaler gelber Streifen neben dem feurig rothen vorhanden war, durch. Das erste dunkelschwarze Blutband reichte von D $^1/_{20}$ E bis D $^1/_4$ E. Man hatte dann Grün bis D $^3/_5$ E, ein zweites dunkelschwarzes Blutband bis E $^1/_4$ b und Grünblau bis etwas vor F. — Eine Flüssigkeit, die $^1/_{1680}$ dieses Blutes enthielt und einen Stich ins Gelbe verrieth, liess noch einen Rest eines ersten dunklen Bandes von D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_5$ E erkennen; eine solche dagegen, die nur $^1/_{8400}$ führte, zeigte keine deutliche Spur desselben.

Ein zweiter Versuch, den ich mit demselben durch Sauerstoff gerötheten Blute am folgenden Tage anstellte, lieferte im Ganzen ähnliche Ergebnisse. Ich mengte $1^1/_2$ Cubikcentimeter des noch ziemlich stark hellrothen Blutes mit 39 C. C. Wasser. Diese nahezu $^1/_{27}$ Blut enthaltende Mischung, die wiederum sehr hellroth erschien, liess in einer Schicht von 3 bis 4 Centimeter lebhaftes Roth und

Orangegelb bis D durch. Obgleich der grüne Theil des Spectrums sehr dunkel war, so unterschied man doch einen schmalen grünen Streifen zwischen den sehr verbreiterten und dunklen Blutbändern und Grünblau in der Nähe von F. Untersuchte man die Schicht von 15 Millimeter Dicke, so zeigte sich Aehnliches, nur das hellere Grün schon etwas breiter. Man bemerkte einen röthlichen Fluorescenzschimmer im Blau. Setzte ich zu einer Probe dieser Flüssigkeit so viel Wasser zu, dass das Ganze $^1/_{1580}$ Blut enthielt und eine schwach gelbliche Farbe zeigte, so sah man durch eine Schicht von 15 Millimeter Dicke die beiden spectralen Blutbänder deutlich in dem Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma und besonders das erste in dem vergrössernden Spektroskope. Es reichte von D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_5$ E. Verdünnte ich das Ganze mit Wasser, bis es $^1/_{3502}$ Blut führte, so waren die minder schattigen Blutbänder immer noch kenntlich. Enthielt die Mischung $^1/_{7004}$ Blut, so bemerkte man die letzte Spur der mattschattigen Streifen im Grün in dem Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma, nicht aber in dem mit dem Fernrohre. —

Die rothen Blutmassen anderer Wirbelthiere zeigen ebenfalls die Spectrallinien bei ungefähr eben so starken Verdünnungen. — Einige genauere Angaben können dieses beispielsweise erhärten.

Dunkelschwarzes Blut, das aus dem Herzen eines 30jährigen Schwindsüchtigen stammte und das in dünnen Schichten hellroth und nicht grün erschien, liess durch diese A bis D $^1/_{10}$ E, nicht aber D $^1/_{10}$ E bis beinahe D $^1/_4$ E, dagegen von da bis etwas über D $^1/_2$ E und wiederum nicht von D $^1/_2$ E bis E, endlich von E bis F $^1/_2$ G durch. Mischte ich einen Cubikcentimeter mit 44 C. C. Wasser, so erhielt ich eine hellrothe Flüssigkeit, die A bis D $^1/_8$ E hell, von da bis beinahe D $^1/_3$ E dunkel, dann hell bis D $^3/_5$ E, dunkel bis E $^1/_4$ b und endlich hell bis über F gab. Eine Mischung, die $^1/_{2025}$ und selbst eine solche, die $^1/_{4253}$ Blut enthielt, lieferte die deutlichsten dunklen Blutbänder. Die letzten Spuren derselben zeigten sich noch in dem Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma, nicht aber in dem vergrössernden bei $^1/_{11450}$. Die Lichtstrahlen gingen in allen diesen Fällen durch eine Flüssigkeitsschicht von 15 Millimetern.

Schüttelte ich einen Cubikcentimeter desselben dunkelrothen Menschenblutes mit 44 C. C. Kohlensäure, so erlangte es sogleich die Eigenschaft in sehr dünnen Schichten grün zu erscheinen, während es sich früher hellroth in dem gleichen Falle gezeigt hatte. Die

allmähliche Verdünnung mit Wasser lehrte, dass $^1/_{8100}$ noch deutliche Spuren der dunklen Blutbänder bei 15 Millimeter Dicke lieferte.

Man fing das Blut, das bei der Absetzung des im Kniegelenke vereiterten Oberschenkels einer 40jährigen Frau ausfloss, vorzugsweise aus den spritzenden Schlagadern auf. Es war hellroth, als ich es nach einigen Stunden in einem verschlossenen Gefässe erhielt. $^1/_{6075}$ gab noch sehr deutliche, $^1/_{9720}$ ganz kenntliche Blutbänder bei 15 Mm. Dicke der Flüssigkeitsschicht, $^1/_{19540}$ dagegen nur Spuren, die selbst dem Geübteren zweifelhaft blieben. Die Flüssigkeit war schon bei $^1/_{9720}$ nicht merklich gefärbt.

Das tiefschwarze, freilich durch das 24stündige Stehen schon dichter gewordene Blut eines mit einer grossen Gabe von Strychnin vergifteten Hundes führte in dieser Hinsicht am Weitesten. Nicht bloss ich, sondern das nicht sehr scharf sehende Auge eines bisweilen an den Augen leidenden Gelehrten, erkannte noch leicht die Blutbänder in der nicht mehr merklich gefärbten, 15 Millimeter dicken Wassermenge, die $^1/_{91125}$ Blut enthielt. Eine deutliche Spur derselben konnte noch bei $^1/_{182250}$ mit Leichtigkeit wahrgenommen werden.

Da die Breite der Blutbänder nicht bloss mit dem individuellen Charakter des Prismas (S. 36), sondern auch mit der Verdünnung des Blutes und der Dicke der Flüssigkeitsschicht wechselt, so machte ich einige Messungen mittelst der S. 24 erwähnten Skale, die auf das Spectralbild des Fig. 2 S. 18 gezeichneten vergrössernden Spektroskopes projicirt wurde (S. 19), um ein einzelnes genaueres Beispiel geben zu können.

Einige Tage altes Rindsblut zeigte dann bei einer Dicke der Flüssigkeitsschicht von $1^1/_2$ Centimeter:

Blutgehalt der Wasserverdünnung	Spectrale Blutbänder.	
	Erstes	Zweites
$^1/_{45}$	D bis D $^1/_3$ E.	D $^2/_3$ E bis E $^1/_6$ b.
$^1/_{92}$	D $^1/_{60}$ E bis D $^3/_{10}$ E.	D $^3/_5$ E bis D $^5/_6$ E.
$^1/_{188}$	D $^1/_{15}$ E bis D $^4/_{15}$ E.	E $^2/_3$.E bis D $^{29}/_{30}$ E.
$^1/_{376}$	D $^3/_{40}$ E bis D $^{17}/_{60}$ E.	D $^{29}/_{60}$ E bis D $^{59}/_{60}$ E.
$^1/_{752}$	D $^1/_{12}$ E bis D $^{17}/_{60}$ E.	D $^{39}/_{60}$ E bis D $^{59}/_{60}$ E.

Die kleineren Unterschiede, die sich bei Verschiedenheit der Verdünnungen zeigen, rühren nicht bloss von diesen, sondern auch

von den Nebenverhältnissen der Beleuchtung, der schärferen oder der schwächeren Auffassung des Beginnens des Schattens und ähnlichen wechselnden Bedingungen her.

Während die Siedhitze den Blutfarbestoff so zersetzt, dass sich seine spectralen Eigenschaften wesentlich ändern, ist dieses mit dem Gefrieren nicht der Fall. Ich bereitete mir im Sommer bei ungefähr 15 ° C. eine künstliche Kältemischung aus klein gestossenem Eise, Chlorcalcium und Kochsalz und stellte in dieselbe drei Reagenzgläschen mit drei Blutproben, dem später zu erwähnenden vier Jahre aufbewahrten Rindsblute, Kalbsblut, das seit mehr als drei Monaten, zum Theil in der grössten Sommerhitze gestanden hatte, und Rindsblut, das eine Woche alt war. Die erste Blutart gefror am schwersten und wurde wiederum später zuerst flüssig, während die zuletzt genannte am Ehesten erstarrte und zuletzt von allen dreien schmolz. Nachdem die Massen eine Stunde in der Kältemischung gestanden hatten, zeigte diese noch eine Kälte von — 13°,8 C. Alle drei wieder aufgethauten Blutarten hatten eine dunkelschwarze Farbe und erschienen grünlich in dünnen Schichten. Blutkrystalle setzten sich nicht ab[1]). Die sämmtlichen Blutproben lieferten die gewöhnlichen spectralen Blutbänder. Das vier Jahre alte Blut liess noch die letzten Spuren derselben bei einer Wasserverdünnung von $^{1}/_{7594}$ in dem Schwefelkohlenstoff-Spektroskope erkennen. Das mehr als ein Vierteljahr alte Kalbsblut gab schon nur schwache Spuren bei $^{1}/_{1350}$. Da dasselbe vergleichend geprüfte nicht gefrorene Kalbsblut auch nur geringe Spuren bei $^{1}/_{810}$ und keine deutlichen Blutbänder bei $^{1}/_{1620}$ lieferte, so folgt, dass die geringe Empfindlichkeit von der Fäulniss und nicht von dem Gefrieren herrührte. Das eine Woche alte, zum Theil einer grösseren Kälte als —13°8° C. ausgesetzt gewesene Rindsblut zeigte sehr schwache letzte Spuren der Blutbänder bei $^{1}/_{17010}$.

Blut, das sich in jüngeren oder älteren Weingeistpräparaten abgesetzt hatte, gab die Blutbänder. Es kam mir vor, dass diese sich nur so lange zeigten, als Blutkörperchen in der Flüssigkeit vertheilt waren. Hatten sich die blassröthlichen Körperchen in der Ruhe abgesetzt, so lieferte der klare gelbröthliche Weingeist keine Blutbänder mehr. Diese mangelten auch in braunrothem Weingeist,

---

[1]) Rollet in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. Bd. XLVI. Mai. 1862. Extraabzug S. 11—20.

in dem ein brandiger Fuss eines Greises seit Jahren aufbewahrt gewesen.

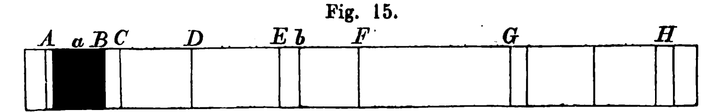
Man darf eine Auflösung von kohlensaurem Natron oder von kohlensaurem Ammoniak dem reinen oder dem mit Wasser verdünnten Blute in bedeutender Menge zusetzen, ohne dass deswegen die Blutbänder irgend undeutlich werden oder neue dunkle Streifen auftreten. Die meisten Säuren, die ich prüfte, wirken dagegen in anderer Weise.

Geringe Mengen von Schwefel-, Salz- oder Salpetersäure, welche ich zu Proben des mit Kohlensäure schwarz gemachten Kalbsblutes hinzufügte, erzeugten Niederschläge und gaben der Flüssigkeit ein mehr oder minder braunrothes Aussehen. Sie hatten überdies die Wirkung, dass man die früher im Grün vorhandenen dunklen Blutbänder in dem unverdünnten oder dem verdünnten Blute nicht mehr erkannte. Die Essigsäure, die sie ebenfalls zerstörte, zeichnete sich dadurch aus, dass sie ein schwarzes Band in dem rothen Theile des Spectrums erzeugte. Wir wollen dieses daher mit dem Namen des Haeminspectrums bezeichnen.

Hatte ich z. B. eine Probe jenes dunkeln Kalbsblutes mit ziemlich viel gewöhnlicher Essigsäure vermischt, so entstand ein geringer Niederschlag. Eine Dicke von 10 Millimeter der braunrothen Flüssigkeit zeigte einen dünnen Streifen an dem rothen Anfange des Spectrums, dann ein schwarzes Band, hierauf einen lebhaft rothen breiteren Streifen, die D-Linie selbst auffallend schwarz, endlich Gelb, Grün und Anfangsblau in dem Schwefelkohlenstoff-Spektroskope. Das vergrössernde Spektroskop lehrte, dass das Licht von A bis etwas vor a durchgelassen wurde. Man hatte dann schattig bis C und hell bis E oder b. Die Blutbänder im Grün zeigten sich weder in der unverdünnten noch in der verdünnten Flüssigkeit.

Setzte ich $^1/_{30}$ Essigsäure zu der oben erwähnten Mischung, die $^1/_{27}$ des durch Sauerstoff hochroth gemachten Kalbsblutes enthielt, so wurde die Flüssigkeit bräunlichroth und durch ausgeschiedene Körnchen getrübt. Das Spectrum des Schwefelkohlenstoffprisma

Fig. 15.



gab dann einen schmalen Streifen des äussersten Roth, das in dem vergrössernden und daher weniger lichtstarken Spektroskope nicht

so deutlich war, dann folgte ein schmaler, aber tief dunkler Streifen von A $^1/_4$ a bis B, wie es Fig. 15 darstellt, und hierauf lebhaft Roth bis D. Die Dicke der Flüssigkeit betrug 10 Millimeter. Fügte ich kohlensaures Natron so lange zu, bis sich keine Kohlensäure mehr entwickelte, so schwand das schwarze Band. Die Blutbänder im Grün waren schon seit der Beimischung der Eissigsäure nicht vorhanden.

Der umgekehrte Gang führte zu einem ähnlichen Ergebnisse. Ein Zusatz von kohlensaurem Natron zu der $^1/_{27}$ Blut enthaltenden Flüssigkeit liess die von D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_5$ E und von D $^3/_5$ E bis etwas vor E reichenden Blutbänder sehr deutlich erkennen. Hatte man die Mischung mit Essigsäure übersättigt, so verschwanden die Blutbänder und es trat das schwarze Band im Roth, jedoch nicht sehr dunkel hervor.

Eine andere Probe der $^1/_{27}$ enthaltenden Flüssigkeit wurde mit $^1/_8$ ihres Volumens Essigsäure vermischt und in einer Dicke von 10 Mm. untersucht. Die Blutbänder im Grün waren noch vorhanden, aber nicht so schattig als sonst. Man erkannte überdiess die erste Spur des Schattenstreifens in Roth. $^1/_5$ Essigsäure vernichtete die Blutbänder bis auf eine geringe Spur.

Es lag die Vermuthung nahe, dass das Kochen des Blutes mit Essigsäure, um Hämin darzustellen, das dunkle Band im Roth mit Nachdruck zum Vorschein bringen werde. Liess ich den braunschwarzen Niederschlag auf einer Glasplatte eintrocknen, so zeigte die ungefähr $^1/_5$ bis $^1/_{20}$ Mm. dicke Masse ein äusserstes schmales rothes Band, einen breiten schwarzen Streifen, lebhaftes Roth von B $^1/_2$ C bis D und einen schwachen Schein von Grün und Blau.

Ich behandelte Kalbsblut mit Weingeist, der viel Kleesäure gelöst enthielt, um das Haematin zu erhalten. Die Flüssigkeit liess nicht mehr die Blutbänder im Grün, sei es in concentrirtem oder in verdünntem Zustande erkennen. Das Gleiche wiederholte sich, nachdem ich ein paar Krystalle von Kleesäure in eine Probe von Wasser, das $^1/_{100}$ Blut enthielt, geworfen hatte. Ein Zusatz von Essigsäure änderte Nichts. Es kam mir aber einige Male vor, dass ich einen dunklen Streifen im Roth, wie nach einem Zusatze von Essigsäure sah, wenn ich eine verdünnte Lösung von Kleesäure mit dem mit Wasser versetzten Blute gemischt hatte.

Schüttelte ich rothes Haematinpulver, das aus einer Mischung von Hunde- und Katzenblute durch Schwefelsäure vor mehreren Jahren dargestellt worden, mit Wasser, so erhielt ich eine bräun-

lichgelbe Flüssigkeit, die von A bis G 1/2 H ohne Unterbrechung durchliess. Versetzte ich das Pulver mit Eisessigsäure, so erschien das schwarze Band im Roth. Ein Zusatz von gewöhnlicher Essigsäure zu dem Wasserauszuge machte einen schmalen Bezirk der B-Linie merklich dunkler.

Ich stellte mir sogenanntes Haematin nach einem Verfahren dar, das im Wesentlichen mit dem von Wittich[1]) übereinstimmt, bei dem ich aber das Ausziehen mit Aether fortliess, weil ich mich vorher überzeugt hatte, dass dieser fast gar Nichts aus dem von mir gebrauchten Blute aufnahm. Das oben (S. 77) erwähnte dunkelrothe Blut aus dem Herzen eines Schwindsüchtigen wurde mit dem Sechsbis Achtfachen einer Lösung, die einen Theil kohlensauren Kalis und zwei Theile Wasser enthielt, anhaltend geschüttelt und filtrirt. Zog ich dann den chocoladenfarbenen Niederschlag mit wässerigem Weingeiste kalt aus, so erzeugte sich eine grünlichgelbe Lösung, die weder scharfe Blutbänder, noch sonst etwas Bemerkenswerthes an dem Spectrum lieferte. Kochte ich aber den Weingeist mit einem Theile des Niederschlages unmittelbar oder nachdem jener eine Zeit lang kalt gewirkt hatte, so erhielt ich eine grüngelbe Lösung, die in Schichten von 10 Mm. Dicke einen stark schattigen, aber nicht völlig dunklen Bezirk von A bis B, hell bis etwas über C, dann schattig bis D 1/3 E zeigte[2]), so dass man vorzugsweise die Gegend der D-Linie dunkel sah. D 1/3 E bis E 1/2 b wurden noch hell wahrgenommen. Das Spektroskop mit dem Schwefelkohlenstoffprisma zeigte das Anfangsroth schattig, dann einen hellrothen breiten Streifen, hierauf einen dunklen Schattenstreifen, der zu beiden Seiten der D-Linie stand, und endlich ein helleres und ein dunkles grünes Band. Man hat also hier ein ganz eigenthümliches Spectrum, das von dem durch Essigsäure erzeugbaren Haeminspectrum gänzlich abweicht und das ich mit dem Ausdrucke des Haematinspectrums zu bezeichnen vorschlage.

Hoppe[3]) bemerkte schon einen dunklen Streifen im Roth ausser den Blutbändern, wenn er das Blut mit Schwefelwasserstoff behandelt hatte. Meine Versuche wurden in dieser Hinsicht an dem flüs-

---

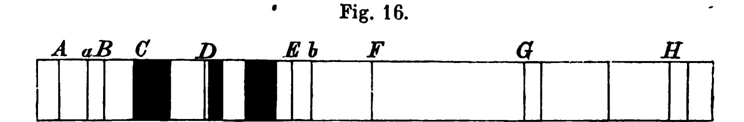
[1]) Siehe Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie. Braunschweig, 1862. 8. S. 169.

[2]) Vgl. schon Hoppe, Virchow's Archiv für patholog. Anat. Bd. XXIII. 1862. S. 448.

[3]) Hoppe a. a. O. S. 448.

sigen Theile des hochrothen Blutes des Hundes, das über Nacht gestanden, angestellt. Leitete man grössere Mengen von Schwefelwasserstoff durch, so hatten selbst nicht ganz dünne Schichten eine grünliche Färbung in durchfallendem, dicke dagegen eine dunkelschwarze in auffallendem Lichte. Die grüne Beimischung verrieth sich in verdünnten Lösungen in merklicher Weise. Eine wässerige Mischung, die $1/10$ Blut enthielt, erschien nicht, wie sonst, hellroth, sondern hatte einen deutlichen grünlichgelben Farbenton. Eine

Fig. 16.



$1 1/2$ Centimeter dicke Schicht liess das Spectrum hell von A bis C. Man hatte dann ein dunkelschwarzes Band von C bis C $1/2$ D, hierauf hell bis D und das übrige dunkel. Wasser, das $1/15$ Blut führte, zeigte nur den Unterschied, dass jetzt schon eine Spur von Grün jenseit D durchschimmerte. Eine Verdünnung, die $1/20$ Blut entsprach, lieferte den zwischen C und C $1/2$ D befindlichen Streifen weit matter. Die Räume zwischen A und C und zwischen C $1/2$ D und etwas über F erschienen hell mit Ausnahme der beiden Blutbänder, die von D $1/20$ E bis ungefähr D $1/5$ E und von etwas über D $1/2$ E bis E reichten. Dieses Schwefelwasserstoffspectrum des Blutes ist Fig. 16 dargestellt. Eine Mischung von $1/40$ gab nur noch einen mattschwarzen Streifen von C bis C $1/2$ D, eine Beschattung des Spectrums von A bis B, das erste Blutband von D $1/10$ E bis D $1/4$ E, und das zweite von etwas über D $1/2$ E bis D $6/7$ E. Die Helligkeit reichte bis etwas über F $1/2$ G. Wasser mit $1/80$ Blut liess C bis C $1/2$ D so schwach schattig erscheinen, dass man den Unterschied nur bei besonderer Aufmerksamkeit wahrnahm. Die Blutbänder dagegen blieben noch bei $1/160$ kenntlich.

Diese und andere Beobachtungen, die ich machte, führten zu dem Schlusse, dass das mit sparsamen Mengen von Schwefelwasserstoff behandelte Blut die gelbgrünliche Färbung, noch nicht aber das Absorptionsband im Roth zeigt. Tritt dieses auf, so giebt es Blutschichten von solcher Dicke, dass sie nur von A bis D durchlassen, man also das zwischen C und C $1/2$ D befindliche schwarze Band, nicht aber die beiden Blutbänder bemerkt. Soll man alle drei wahrnehmen, so muss man entweder dünnere Lagen prüfen oder das Blut mit Wasser vermischen. Fährt man mit den Verdün-

nungen fort, so hört die letzte Spur des dunklen Absorptionsbandes im Roth viel früher, als die der Blutbänder auf. Diese verschwinden aber in dem mit Schwefelwasserstoff behandelten Blute eher, als in dem normalen. Hat man wenig Schwefelwasserstoff durch das Blut geleitet, so kann man die letzten Reste der Blutbänder noch bei $^1/_{2835}$ erkennen. Dieser Werth steigt aber auf $^1/_{160}$, wenn grosse Mengen des Gases durchgeführt, mithin die dem Absorptionsmaximum entsprechenden Quantitäten aufgenommen worden.

Hoppe [1]) fand ebenfalls die Blutbänder in dem Blute der verschiedensten Wirbelthiere (Weissfisch, Schildkröte, Taube, Hund, Ochs, Schaf und Schwein). Sie änderten sich nicht durch die Behandlung des Blutes mit Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickoxydul, Arsenwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Aether, Chloroform, arsenigter Säure, Bleiessig und hierauf mit kohlensaurem Natron. Erzeugt man blutig aussehenden Harn durch die Einspritzung von gallensauren Salzen in das Blut der Hunde, so liefert er keine Blutbänder, obgleich sich aus ihm Haematin darstellen lässt. Die Sache lässt sich aus der Anwesenheit einer Säure erklären (Siehe oben Seite 80).

Das E r y t h r o i n, welches Städeler [2]) für einen dem Blutfarbestoffe verwandten Körper hält, scheint kein eigenthümliches Spectrum darzubieten. Trug ich reines Tyrosin (aus Hornspähnen) in eine grössere Menge kalter Salpetersäure ein, so bildete sich eine gelbe Lösung mit röthlicher Oberschicht. Jene liess von A oder A $^1/_2$ a bis b $^1/_3$ F oder in hellerem Lichte bis F durch, wenn ich eine Schicht von einem Centimeter Dicke hier wie in den folgenden Beobachtungen untersuchte. Setzte man mehr Tyrosin hinzu, so wurde das Ganze rothgelb und liess von A $^1/_2$ a bis D $^1/_{10}$ E oder in sehr hellem Lichte selbst bis b durch. Kochte ich die Flüssigkeit, so wurde sie schön weinroth. Trug man immer neue Mengen von Tyrosin, während sie noch warm war, ein, so entwickelten sich reichliche Dämpfe von salpetriger Säure. Es bildete sich eine schöne rothe Lösung, die an Farbenintensität nach kurzer Zeit abnahm, wenn die Menge des Tyrosins nicht sehr bedeutend war. Sie liess von A $^1/_2$ a bis F oder nur bis D und selbst etwas weniger, je nach der Reinheit der rothen Farbe durch. Keines dieser Spectra

---

1) Hoppe a. a. O. S. 447. 448.

2) Städeler, Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Bd. V. 1860. S. 182. 183.

lieferte eine Spur von Bändern. Nur der äusserste Theil des Roth beschattete sich bei den lebhafteren rothen Färbungen. Das optische Verhalten der Flüssigkeit erinnert an das der lebhaft gefärbten Lösungen, die man durch die Einwirkung der Schwefelsäure und Salpetersäure auf einzelne Alkaloide erhält und auf die wir später zurückkommen.

Alle diese Erfahrungen lassen schliessen:

1) Dickere Schichten hellrothen oder dunkelrothen Blutes erzeugen im Spectrum einen lebhaft leuchtenden Streifen, der bis D reicht. Es wird also Roth, das von ihm überhaupt minder abstechende Orange und Gelb durchgelassen. Der Farbenunterschied beider Blutarten macht sich dagegen an dem Anfangstheile des Spectrums geltend. Hatte ich ihn in zwei Blutportionen mittelst der Durchleitung von Kohlensäure und von Sauerstoff möglichst erhöht und untersuchte diese vergleichend in Schichten von ungefähr $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ Mm. Dicke neben einander, so begann das Spectrum des hellrothen Blutes bei A und das des dunkelrothen erst bei A $^1/_2$ a.

2) Sehr dünne Schichten frischen oder dickere mit Wasser stark verdünnten Blutes zeigen zwei charakteristische dunkle Blutbänder im Grün. Das erste befindet sich eine kurze Strecke von D nach dem violetten Spectralende hin entfernt. Es reicht z. B. bei beträchtlichen Verdünnungen von D $^1/_{12}$ E oder D $^1/_{10}$ E bis D $^1/_5$ E. Das zweite erscheint in der zweiten Hälfte des zwischen D und E oder D und b befindlichen Raumes, z. B. von D $^3/_5$ E bis höchstens E oder E $^1/_4$ b. Diese Blutbänder verbreitern sich, wenn man dickere Schichten des unverdünnten oder des mit Wasser versetzten Blutes nimmt. Man hat endlich ein Bild, bei dem das lebhaft rothe nur bis D reichende Band auftritt. Der sehr dunkle grüne Theil des Spectrum zeigt nur ein schmales mittleres grünes Band zwischen den sehr breiten dunklen Blutstreifen. Blau und Violett sind ganz verlöscht. Noch dickere Schichten lassen nur den lebhaft rothen Streifen von A oder A $^1/_2$ a bis D erkennen. — Hieraus folgt,

3) dass man das frische Blut in sehr dünnen Schichten oder stark mit Wasser verdünnt untersuchen muss, um die eigenthümlichen im Grün auftretenden Blutbänder wahrzunehmen. Sie zeigen sich aber, wenn nur sehr geringe Blutmengen beigemengt sind. — Man kann noch die letzte Spur derselben in gewöhnlichen Fällen wahrnehmen, wenn das Wasser $^1/_{7000}$ Blut enthält und bei durchfallendem Lichte farblos, bei auffallendem eben so oder mit einem

zweifelhaften Stich ins Gelbe erscheint. Besonders günstige Nebenbedingungen, wie Wasserverlust des Blutes und tiefe Färbungen können diese Grenze bis auf $^1/_{182250}$ hinausrücken.

4) Die Blutbänder treten in dem hochrothen wie in dem dunkelrothen Blute auf.

5) Sie erhalten sich nach einem Zusatze von kohlensaurem Natron oder von kohlensaurem Ammoniak mit grosser Lebhaftigkeit, schwinden dagegen nach hinreichend bedeutenden Beimischungen von Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure oder Kleesäure, wenn Niederschläge entstehen und die Farbe der Flüssigkeit braunroth wird. Die Neutralisation der Essigsäure durch kohlensaures Natron macht sie nicht wieder sichtbar.

6) Die Behandlung des Blutes mit gewöhnlicher Essigsäure oder die Darstellung des Haemins durch Kochen mit Eisessigsäure erzeugt ein eigenes Haeminspectrum, nämlich ein schmaleres oder breiteres schwarzes Band in dem rothen Anfangstheile des Spectrums. Die D-Linie erscheint auch bisweilen merklich dunkler. Das Schwefelkohlenstoffprisma zeigt dieses Bild deutlicher, als das lichtschwächere und weniger zerstreuende vergrössernde Spektroskop. Der Zusatz einer geringen Menge von Kleesäure kann auch einen schwarzen Streifen im Roth hervorrufen. Stärkere Kleesäuremengen liefern diese Erscheinung nicht. Das Spectrum ist dann nirgends unterbrochen. Verdünnt man das Blut immer mehr mit Wasser, so sieht man, dass die Möglichkeit, den schwarzen Streifen im Roth zu erzeugen, bedeutend früher aufhört, als die Blutbänder im Grün vermöge des zu grossen Wassergehaltes verschwinden.

7) Die Durchleitung grösserer, nicht aber geringerer Mengen von Schwefelwasserstoffgas bedingt ein eigenthümliches Schwefelwasserstoffspectrum des Blutes, d. h. man sieht ein tiefschwarzes bei C beginnendes und nach D hin sich ausdehnendes tiefschwarzes Band neben den beiden schattigen Blutbändern. Dieses Spectrum verliert sich nach verhältnissmässig nicht sehr starken Blutverdünnungen. Das mit Schwefelwasserstoffgas behandelte Blut lässt die Blutbänder nicht mehr in so starken Verdünnungen erkennen, als die gewöhnlichen Blutmassen.

8) Alle Haematinarten, die mit Hülfe von Säuren dargestellt werden, zeigen der Letzteren wegen keine Blutbänder mehr. Ein mit Schwefelsäure bereitetes und seit Jahren aufbewahrtes Haematin dagegen lieferte das Haeminspectrum nach einem Zusatze von

Essigsäure. Der Weingeistauszug des mit kohlensaurem Kali gefällten Haematins giebt ein eigenes Haematinspectrum.

Da wir auf die Verhältnisse des Blutes in dem Anhange zu diesem Abschnitte wiederum zurückkommen, so füge ich hier nur noch hinzu, dass ich die spectralen Blutbänder in allen rothen Blutarten, die ich bis jetzt untersuchte, antraf. Ich sah sie im frischen Blute des Menschen, der Fledermaus (Vespertilio murinus), des Hundes, der neugeborenen und der erwachsenen Katze, des Kaninchens, der neugeborenen und der erwachsenen Ratte, des Reihers, in dem Blute der Vena terminalis des Gefässhofes eines dreitägigen Hühnerembryo, der Natter, der Kaulquappe und des vollkommen entwickelten Frosches. Blättchen von ungefähr $^1/_{25}$ Mm. Dicke des mit Aether ausgezogenen Rückstandes des Menschenblutes genügen, um sie mit grosser Schärfe zu zeigen. Dasselbe gilt von einem auf einer Glasplatte eingetrockneten Blutstropfen.

Die Farbenveränderungen, welche die Galle während und ausserhalb der Verdauungszeit erleidet, werden sich natürlich ebenfalls am Spektroskope genauer verfolgen lassen. Das von Simmler[1]) angegebene Erythroskop liefert ein gutes Mittel, den Gehalt an rothem oder braunem Farbestoff unmittelbar zu zeigen. Betrachtet man durch dasselbe die Galle des Menschen, des Rindes, des Hundes, der Katze, des Kaninchens oder mancher Frösche, sie möge röthlichgelb, roth, braunroth oder grün sein, so erscheint sie mehr oder minder roth in durchfallendem und in zurückgeworfenem Lichte. Einzelne grüne Gallenrückstände von Fröschen, die den Winter über in der Gefangenschaft gehalten worden und sehr abgemagert waren, zeigten die Abweichung, dass sie bei der erythroskopischen Betrachtung in gewöhnlichem Lichte grün blieben, bei der im Sonnenlichte dagegen bisweilen roth erschienen. Solche Froschgallen lieferten auch nicht selten am Spektroskope ein ziemlich gleichartiges Grün oder wenigstens ein Licht, das bedeutend homogener als das von grünen Gläsern durchgelassene (S. 49) war. Ich fand Grün mit Orange und Gelb in dem günstigsten Falle. Man sieht nicht selten eine rothe Fluorescenz in dem blauen Theile des Spectrums.

Hoppe[2]) erwähnt schon, dass der grüne Farbestoff der Ochsengalle eine dunkle Linie zwischen D und E bedingt. Die Lösung des Cholepyrrhins der Menschengalle im Chloroform dagegen zeigt

---

[1]) Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 599—603.

[2]) Hoppe, Virchow's Archiv für pathol. Anat. Bd. XXIV. 1862. S. 12.

diese Eigenthümlichkeit nicht. Die Bilder wechseln nach meiner Erfahrung, wenn man die Galle im Ganzen untersucht.

Die schmutzig gelbe, einen Stich ins Grüne verrathende Galle eines Kaninchens, das 21 Stunden vorher getödtet worden, liess Roth, Orange und Anfangsgelb bis etwas über D durch, lieferte dann einen ersten dunklen Streifen, gab hierauf von Neuem hell im Grün, erzeugte in diesem einen zweiten dunklen Streifen und zeigte noch das Ende des Grün, Blau und Violett. Man fand mit einem Worte eine ähnliche Erscheinung, als sie oben von dem Blute beschrieben worden. Hatte die Galle 24 Stunden länger gestanden, so fehlten die beiden dunklen Bänder, die ich in vielen anderen Gallenarten nicht wahrnahm. Diese liessen alle Farben von dem Anfange des Spectrums bis b $^1/_4$ F oder weiter in Schichten von 5 bis 10 Mm. Dicke ohne Unterbrechung durch.

Die gelbgrüne Galle einer Fledermaus lieferte, nachdem sie einige Zeit an der Luft gestanden, ein dunkles Band bei D und ein zweites bei D $^1/_2$ E und liess das Spectrum von A bis nahe an F durch. Trocknete man sie ein, so bot der Rückstand nur noch Spuren der dunklen Bänder dar.

Die mit einander gemischten Gallen zweier unmittelbar vorher und zwar zur Verdauungszeit getödteten Hunde, die gelb und in dem Erythroskope roth erschienen, liessen A bis E in Schichten von 10 Mm. durch und gaben einen matten schattigen Streifen von D $^1/_6$ E bis ungefähr D $^1/_3$ E oder D $^2/_5$ E und einen zweiten von nahezu D $^3/_4$ E bis kurz vor E. Hatte ich Essigsäure zugesetzt, so dass die Flüssigkeit grünlich wurde und in dem Erythroskope dunkelroth erschien, so sah ich ein helles Spectrum von B bis E. Die beiden erwähnten matten dunklen Bänder konnten kaum noch bemerkt werden.

Da es sich fragte, ob solche in der Galle vorkommende Bänder von geringen bei der Entleerung der Gallenblase beigemengten Blutmassen herrühren, so verdünnte ich allmählich das Blut des einen Hundes, um vergleichende Beobachtungen anzustellen. Eine Mischung von Wasser und Blut, die $^1/_{2025}$ des Letzteren enthielt, hatte ungefähr eben so mattschwarze, vielleicht um ein Minimum schwächere Blutbänder, als die frische Galle bei gleicher Dicke (10 Mm. und 15 Mm.) der beiden Flüssigkeiten. Verdünnte man die letztere mit 44 Theilen Wasser, so dass sie gelbgrünlich und durch das Erythroskop farblos erschien, so konnte man die letzte Spur des ersten dunklen Bandes eben noch, die des zweiten dagegen gar nicht

mehr erkennen. Das Wahrscheinlichste dürfte sein, dass die Galle geringe Blutspuren enthielt. War aber auch dieses nicht der Fall, so liess sich doch ihre Wirkung nicht im Entferntesten mit der des Blutes vergleichen.

Ein Zusatz von Salzsäure oder von Schwefelsäure zur Galle verdunkelte den rothen Anfangstheil des Spectrums. Man erkannte unter günstigen Verhältnissen eine rothe Fluorescenz in dem sonst nicht mehr deutlich sichtbaren blauen Theile[1]).

Die grünbraune Verdauungsgalle eines Hundes löschte Roth bis B 1/4 C aus und liess dann bis D 1/2 E durch. Die eines zweiten Hundes verdunkelte bis A 3/4 a, machte dann bis C schwach schattig und gab hell bis D 1/2 E. Beide lieferten wieder den rothen Fluorescenzschimmer im Blau, als sie in Dicken von 10 Mm. untersucht wurden. Die zweite zeigte die Stelle des ersten Blutbandes etwas dunkler. Dieses verlor sich aber gänzlich, wenn man die Galle mit 44 Theilen Wassers verdünnte.

Die dunkelgrüne schleimigte Galle eines Hundes, der ungefähr 8 Stunden nach der Mahlzeit getödtet worden, lieferte keine Spur von spectralen Blutbändern, verdunkelte das Anfangsroth bis C und liess dann das Licht bis E, obgleich zuletzt nur schwach durch, wenn man sie in Schichten von 4 Mm. untersuchte. Sehr dünne Lagen der grünen Masse, die an den Glaswänden haften blieben, gaben alle Farben von Roth bis Violett, obgleich A bis B schattig und B bis C in geringerem Grade ebenfalls dunkler. Verdünnte ich die Galle mit ungefähr dem Sechsfachen Wasser, so lösten sich die schleimigten Massen. Die goldgelbe Flüssigkeit lieferte bei 11 Mm. Dicke dunkel von A bis B 1/2 C, schattig bis nach D hin, hell bis E 1/2 b und einen röthlichen Fluorescenzschimmer bis über F. Ein Zusatz von Essigsäure änderte Nichts an diesem Bilde.

Die dunkelgrüne Galle frisch eingefangener oder den Winter über aufbewahrter Frösche erschien rothviolett bis violett durch ein blaues Erythroskopglas, in hellem durchfallendem Lichte dagegen grün durch ein solches blaues und ein hinzugefügtes gelbes Rauchglas. Verdünnte ich sie mit 9 Theilen Wasser, so behielt sie in letzterem Falle einen schwachen Stich ins Grüne bei ihrer vorherrschenden Farblosigkeit. Sie war für das unbewaffnete Auge hellgrün. Der rothe Anfangstheil des Spectrums wurde durch sie bis

[1]) Ueber die Fluorescenz schwefelsäurehaltiger Gallenlösungen siehe Pflüger, Allgemeine medic. Centralzeitung. Berlin, 1860. No. 23. S. 178.

a und selbst bis B beschattet. Sie liess sonst alle Strahlen bis G und selbst weiter durch und lieferte keine Spur von Blutbändern.

Eine grünlich gelbe einen Centimeter dicke wässerige Lösung eingedickter Ochsengalle, die seit längerer Zeit aufbewahrt gewesen, gab das Spectrum von Roth bis Violett ohne irgend eine Unterbrechung. Dasselbe wiederholte sich für den aus ihr erhaltenen grünlich gelben Chloroformauszug und die Weingeistabkochung, diese mochte rein oder nach einem Zusatze von Salpetersäure untersucht werden. Mischte ich eine Probe mit so viel Schwefelsäure, dass fast die ganze durch einen Niederschlag getrübte Flüssigkeit roth, an dem obersten Theile dagegen blau erschien, so liess sie unten ungefähr von B bis nahe an D ununterbrochen durch.

Eine grünlich gelbe weingeistige Abkochung von Choloidinsäure, die aus frischer Ochsengalle dargestellt worden und welche Roth bis Violett in einer Schicht von einem Centimeter darbot, wurde, mit einer grösseren Menge von Salpetersäure vermischt, röthlich gelb und zeigte von dem Anfange des Roth bis b ohne Unterbrechung. Eben so gab die durch viel Schwefelsäure rothbraun gefärbte Flüssigkeit das Spectrum von dem Anfange des Roth bis beinahe D ohne dunkles Zwischenband.

Vermischte ich die weingeistige Lösung der Choloidinsäure mit Schwefelsäure und setzte Rohrzucker hinzu, so hatte ich die prachtvolle violettrothe Flüssigkeit, die man bei der Pettenkofer'schen Gallen- und Zuckerreaction erhält. Verdünnte ich das Ganze mit Weingeist, bis die Mischung braunroth erschien, so gab sie ein ununterbrochenes Spectrum von dem Anfange des Roth bis D $^1/_2$ E. Eine etwas concentrirtere Lösung lieferte B bis D $^1/_3$ E und eine dunkel violettrothe C bis D $^1/_5$ E in Dicken von einem Centimeter. Der sichtbare Theil des Spectrums war nirgends schattig unterbrochen. Eine braunroth aussehende Verdünnung mit Weingeist und Aether zeichnete sich dadurch aus, dass sie in der gleichen Dicke von 10 Mm. von dem äussersten Grün bis ungefähr D $^1/_2$ E keine Discontinuität, von da bis zwischen E und b dunkel und hierauf das Endgrün, das Blau und das Violett hell zeigte. Machte ich dieselbe Mischung durch Zugiessen der ursprünglichen Flüssigkeit braungelb, so ging nur das Licht von a bis D $^1/_2$ E ununterbrochen durch. Man sah hier und bei noch stärkerer Concentration, dass der rothe Streifen bei D unmittelbar an den grünen stiess. Eine noch undurchsichtiger gemachte Flüssigkeit liess das grüne, weniger aber das rothe Band lichtschwacher werden.

Die dunkel gelbgrüne kochendheiss bereitete weingeistige Lösung der rohen Choloidinsäure oder des Gmelin'schen Gallenharzes aus der Ochsengalle, die dunkelroth in dem Erythroskope erschien, setzte bei dem Erkalten einen grauweissen Niederschlag ab und wurde trüb. Sie liess dann von C bis D $^{3}/_{4}$ E und durch Erwärmen von Neuem hell gemacht von C bis b $^{1}/_{2}$ F ohne Unterbrechung durch. Eben so lieferte sie nach dem Kochen mit Schwefelsäure C bis D $^{1}/_{8}$ E ohne irgend eine Beschattung.

Die stark gelbe, einen Stich ins Grüne verrathende weingeistige Abkochung dunkelbrauner Gallensteine des Menschen, die rothgelblich im Erythroskop erschien, liess von A bis über F ununterbrochen durch. Mit geringeren oder grösseren Mengen von Salpetersäure versetzt, so dass sie gelblich grün mit einem Stich in das Bläuliche oder das Röthliche versehen erschien, gab sie von A bis b ohne Unterbrechung, zwischen b und F schattig und hierauf noch Blau von F beinahe bis H. Mit wenig Schwefelsäure vermischt und hierdurch schmutzig grün gemacht, lieferte sie ein Spectrum, das sich von A bis b ununterbrochen ausdehnte. Setzte man so viel Schwefelsäure hinzu, dass das Ganze trüb und braungelb wurde, so hatte man einen rothen, einen sehr schmalen und blassen gelben und einen grünen Streifen von C bis D $^{1}/_{2}$ E. Kohlensaures Natron oder kohlensaures Ammoniak erzeugten keine merkliche Veränderung. Die Flüssigkeit wurde immer in Schichten von einem Centimeter Dicke untersucht.

Die grünlichgelbe, durch das Erythroskop blass violettroth erscheinende Wasserabkochung derselben Gallensteine liess ein ununterbrochenes Spectrum von A bis F $^{1}/_{2}$ G durch, selbst wenn man sie mit Salpeter- oder mit Essigsäure vermischt hatte. Ich schüttelte eine gepulverte Probe dieser Gallensteine mit Chloroform. Die sogleich gebildete rothgelbe Lösung, die später keine Krystalle nach dem Verdampfen hinterliess, zeigte das Spectrum von A bis E oder b, wenn man Schichten von 10 Centimeter benutzte.

Andere dunkelbraunrothe Gallensteine einer 40jährigen Frau gaben an kochendes Wasser weniger, als die eben genannten ab. Die grünlich gelbe, durch das Erythroskop violettroth aussehende Lösung lieferte allein oder nach einem Zusatze von Schwefelsäure, Salpetersäure oder Essigsäure ein ununterbrochenes Spectrum, das bis über F reichte. Der röthlich gelbe Chloroformauszug, der nur farblose Krystalle und eine gelbliche Masse nach dem Verdunsten hinterliess, gab A bis über F ohne Unterbrechung.

Der tief gelbrothe Harn eines Gelbsüchtigen, der lebhaft violett im Erythroskope erschien und ein Spectrum von A bis E $^1/_2$ F in einer Dicke von 7, A bis E in einer solchen von 15 Millimetern und von A bis etwas über D in einer Dicke von 6 Centimetern zeigte, gab keine Spur von Discontinuität in allen diesen Fällen. Dasselbe wiederholte sich nach einem Zusatze von Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, diese mochte die Flüssigkeit grüngelb oder grasgrün machen, oder von Essigsäure, Natron oder Ammoniak, so wie für den gelbbraunen, einen Stich in das Grüne zeigenden Rückstand, der von C bis D $^1/_5$ E durchliess. Eben so lieferte der dunkel rothgelbe Harn eines anderen Gelbsüchtigen keine Spur von Blutbändern oder anderen dunklen Streifen, wenn auch so viel Essigsäure zugesetzt worden, dass eine lebhaft grüne Farbe zum Vorschein kam. Der braungelbe in dünnen Schichten auffallend grün erscheinende Harn einer gelbsüchtigen Frau hatte ein ununterbrochenes Spectrum von A bis E ohne alle Spur von Blutbändern. Dasselbe wiederholte sich für den vor einigen Stunden gelassenen haematurischen Harn eines an acutem Gelenkrheumatismus leidenden Kranken. Er entwickelte Salmiakdämpfe, wenn man einen mit Salzsäure befeuchteten Glasstab über ihn hielt. Prüfte ich ihn mit empfindlichem Lacmuspapier, das ich an einzelnen Stellen durch Säure geröthet hatte, so schwanden sogleich die rothen Flecke. Das übrige Lacmuspapier, das im Anfange blau war, erschien geröthet, nachdem die durchtränkende Flüssigkeit des Harnes verdunstet war. Bedenkt man, dass Säuren die Blutbänder zerstören, kohlensaure Alkalien dagegen sie nicht beseitigen (S. 80), so lässt sich erwarten, dass sie in dem sauren Harn des Menschen und der Fleischfresser fehlen werden, wenn nicht die Menge des beigemischten Blutes zu gross ist. Hat dagegen ein Mensch, der viele kohlensaure Alkalien genommen, einen alkalischen Urin, so werden die Blutbänder auch bei geringeren Massen beigemengten Blutes auftreten.

Beide Spektroskope, das mit dem Schwefelkohlenstoffprisma und das vergrössernde mit dem Flintglasprisma zeigen leicht die dunklen Bänder der Dämpfe der salpetrigen Säure[1]). Will man sich mit einer oberflächlichen Anschauung einzelner dieser Absorptionsstreifen begnügen, so reicht der obere gelbliche Raum in jeder

[1]) Siehe oben S. 6 und Brewster und Gladstone, Philosoph. Transact. Year 1860. London, 1861. Plate IV. Fig. 10.

Flasche hin, in der sich mit salpetriger Säure vermischte Salpetersäure befindet. Besser sind zugeschmolzene Gläser, deren Rauminhalt mit den rothgelben Dämpfen der salpetrigen Säure zum grössten Theile gefüllt ist und die unten röthlichgelbe oder grünblaue Salpetersäure enthalten. Man kann auch die letztere mit etwas Stärkemehl in einer zugeschmolzenen Röhre mischen und durch Erhitzen immer grössere Mengen von salpetriger Säure entwickeln, muss sich aber dabei vor der stets drohenden Explosion in Acht nehmen. Ein solches Unglück ereignet sich leicht, wenn die Vorrichtung eine Zeit lang gestanden und sich indessen Kohlensäure entwickelt hat. Dieses Versuchsverfahren zeigt unmittelbar, dass geringe Mengen der rothgelben Dämpfe die dunklen Bänder zuerst im Blau, grössere ausserdem noch im Grün und noch grössere überdiess im Roth geben, dass mit einem Worte die Absorptionsintensität von dem blauen nach dem rothen Theile des Spectrums mit Zunahme der Dampfdichte fortschreitet. Hat diese eine gewisse keineswegs sehr grosse Stärke, so sehe ich noch durch das Spektroskop mit dem Schwefelkohlenstoffprisma eine gelbe helle Linie, deren Lebhaftigkeit an die der Natriumlinie erinnert, die aber nicht in dem Bezirke der als dunkle Linie kenntlichen D-Linie, sondern ungefähr bei C $^3/_4$ D liegt. Sie zeigt sich bei einer Dicke der Dampfschicht von 10 bis 25 Millimeter, bleibt, wenn man die rothgelbe oder die grünblaue Salpetersäure erwärmt und dadurch die Dampfdichte vergrössert, wird dagegen, wenn diese zu klein ist, nicht erkannt. Untersucht man die Verhältnisse im vergrössernden Spektroskope, so bemerkt man keine so intensiv hellgelbe Linie, wie im Schwefelkohlenstoffprisma, sondern einen hellgelben Streifen, der sich von seiner anders gefärbten Nachbarschaft scharf abzeichnet und einerseits eine ungefähr bei C $^1/_2$ D und andererseits eine nahezu bei C $^4/_5$ D liegende dunkle Linie neben sich hat. B wird deutlich erkannt, C dagegen scheint zu verschwinden, so wie das Licht durch eine einen Centimeter dicke Lage reichlicher Dämpfe von salpetriger Säure gegangen ist. Der in dem Orange liegende orangegelbe Streifen ist bei der Erwärmung der Salpetersäure und der Erzeugung einer grösseren Dampfdichte noch schärfer ausgesprochen. Seine besonders in dem Schwefelkohlenstoff-Spektroskope ausgezeichnete Helligkeit wird vor Allem durch den Contrast gegen die beiderseitigen dunkleren Streifen bedingt.

Die Absorptionsbänder der Jod- und der Bromdämpfe sind zu schmal, als dass man sie in dem mit dem Schwefel-

kohlenstoffprisma versehenen Spektroskope wahrnehmen könnte. Das vergrössernde dagegen liefert eine sehr zierliche Anschauung. Hat man Jod, das sich in einer zugeschmolzenen Glasröhre befindet, so weit erwärmt, dass lebhaft violette Dämpfe entstehen, und hält diese vor die Eintrittsspalte des vergrössernden Spektroskopes, so sieht man eine sehr beträchtliche Zahl von feinen parallelen und dicht bei einander stehenden Linien, die an die Linien eines Glasmikrometers erinnern. Sie füllen den ganzen Spectraltheil von B und wahrscheinlich schon von a bis gegen F ununterbrochen aus und sind in solcher Menge vorhanden, dass ich z. B. 12 von C bis D zählte. Miller[1]) hat auch 11 Linien ausser C und D in seiner nach dem grossen Spectrum eines dunklen Zimmers aufgenommenen Zeichnung abgebildet. Man erhält die schönste Anschauung dieser Linien, wenn die Spalte eng und daher das Spectrum rein und scharf ist. Die Linien lassen sich auch in dem verlängerten zweiten Spectrum des Wild-Mousson'schen Spektroskopes erkennen[2]).

Dasselbe gilt von den Bromdämpfen. Die Linien erscheinen ebenfalls, wie Mikrometerlinien, in dem verhältnissmässig kleinen Gesichtsfelde des nicht stark vergrössernden Spektroskopes. Sie beginnen mit dem Anfange des Grün. Ich konnte sie dagegen im Roth, Orange und dem jenseit D liegenden schmalen gelben Streifen nicht erkennen. Miller[3]) lässt sie schon dicht bei D anfangen, weil er vielleicht Brom von stärkerer Dampfdichte oder in hellerem Lichte untersuchte. Man sieht die feinen Linien in dem Wild-Mousson-schen Spektroskope, besonders wenn man die Röhre, welche die Dämpfe enthält, auf- und abbewegt.

Erster Anhang.

Die spectralen Blutbänder als Erkennungsmittel von Blut in gerichtlich medicinischen Fällen.

Da die dunklen Streifen oder Blutbänder in dem Grün des Spectrums immer noch bemerkt werden, wenn selbst das Wasser,

---

[1]) Miller, Pogg. Ann. Bd. LXIX. 1846. Taf. I. Fig. 7. No. 2.

[2]) Leroux (Compt. rend. Tome LV. 1862. p. 126—128) giebt an, dass Joddampf entgegengesetzt anderen Körpern die rothen Strahlen am stärksten und die blauen am schwächsten bricht.

[3]) Miller Ebendaselbst No. 3.

das ein Minimum von Blut enthält, eine kaum deutliche Spur einer gelblichen Färbung hat[1]), so lag der Gedanke nahe, diese Eigenschaft für die gerichtliche Medicin nutzbar zu machen. Ich bemühte mich daher, die in dieser Hinsicht wichtigeren Nebenbedingungen genauer zu verfolgen.

Hugo Schiff hatte defibrinirtes Blut, wahrscheinlich des Rindes, in einer luftdicht verschlossenen Flasche vier Jahre lang aufbewahrt. Das Ganze war vollkommen flüssig und erschien in dickeren Lagen schwarzroth und in sehr dünnen violett. Eine Menge von Gas stürzte nach dem Oeffnen des Zapfens hervor und ein sehr unangenehmer Geruch verbreitete sich zugleich im ganzen Zimmer. Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass das Blut aus einer durchsichtigen Flüssigkeit bestand, die eine grosse Menge farbloser rundlicher Körperchen, viele gefaltete Blättchen, einzelne Anhäufungen runder rother Blutkörper und zahlreiche Rosetten nadelförmiger Krystalle enthielt. Sehr dünne an den Wänden herablaufende Schichten liessen die Blutbänder im Grün in ausgezeichneter Weise erkennen.

Ich schüttelte anhaltend einen Cubikcentimeter des Blutes mit 44 Cubikcentimeter Sauerstoffgas, das aus chlorsaurem Kali entwickelt worden. Die Flüssigkeit wurde etwas röther. Dieses verrieth sich besonders bei dem Vergleiche dünnerer Lagen mit solchen des unverändert gelassenen Blutes. Grössere Mengen dagegen erschienen immer noch schwarzroth. Die Blutschichten, die an den Wänden des Glases bei dem Ablaufen haften blieben, zeigten die Blutbänder auf das Vollkommenste. Verdünnte ich einen Cubikcentimeter dieses Blutes mit 44 C. C. Wasser, so hatte die Mischung eine hellrothe Farbe. Sie war durch Flocken, die sehr lange suspendirt blieben, getrübt. Eine Schicht von $1^1/_2$ Centimeter Dicke zeigte hell von A bis ungefähr D $^1/_{10}$ E, dann dunkel bis D $^2/_5$ E, hierauf hell bis nahezu D $^3/_5$ E, wiederum dunkel bis E $^3/_4$ b, endlich noch hell bis über F. Ich verdünnte hierauf 1 C. C. dieser Flüssigkeit so, dass das Ganze nur $^1/_{2025}$ Blut enthielt. Die Mischung hatte eine schwach gelbliche Farbe. Sie gab die beiden Blutbänder sehr deutlich. Das erste erstreckte sich von ungefähr D $^1/_6$ E bis D $^1/_4$ E und das zweite von D $^3/_5$ E bis D $^5/_6$ E. Dabei wurde das Licht von dem Anfange des Roth bis tief in das Violett durchgelassen. Eine weitere Verdünnung, die $^1/_{6075}$ Blut enthielt, lieferte

---

[1]) Siehe oben S. 77 flg.

noch kenntliche Spuren der Blutbänder, eine solche von $^1/_{10125}$ dagegen nur zweifelhafte.

Eine Probe des nicht mit Sauerstoff behandelten Blutes röthete sich nicht in merklicher Weise, wenn es der Atmosphäre eine Stunde lang ausgesetzt worden. Die beiden Blutbänder, die es in einer Schicht von 4 Mm. zeigte, reichten von etwas über D bis etwas über D $^1/_4$ E und von D $^3/_5$ E bis fast E. Ein Zusatz von Essigsäure machte den Bezirk der B-Linie auffallend schwarz. Verdünnte man sie immer mehr mit Wasser, so erkannte man noch die letzten Reste der Blutbänder, wenn sich eine gelbliche Färbung der Flüssigkeit kaum wahrnehmen liess.

Ich schüttelte 1 C. C. des Blutes mit 44 C. C. Kohlensäure, die aus Marmor und Salzsäure mit vorgelegtem durchfeuchteten Filtrirpapier bereitet worden. Dünne Schichten der Flüssigkeit hatten dann eine auffallend grünliche bis grüngelbliche Farbe. Sie lieferten die Blutbänder eben so deutlich, als das mit Sauerstoff behandelte oder das ohne weiteres untersuchte Blut. Das Gelb bei D schien heller zu werden. Dicke Lagen der Blutmasse waren nicht wesentlich dunkler als solche des nicht der Kohlensäure ausgesetzten Blutes. Die dünnen Schichten dagegen zeigten sich wesentlich grüner. Die noch durch Flocken getrübte Wasserverdünnung, die $^1/_{45}$ dieses Blutes enthielt, liess von A bis über F bei einer Dicke von 15 Mm. durch und hatte ihre dunklen Blutbänder von ungefähr D bis D $^1/_4$ E und von D $^3/_4$ E bis E $^1/_4$ b. Eine Verdünnung von $^1/_{9225}$ lieferte noch deutliche Spuren der letzteren.

Mischte man gewöhnliche Essigsäure mit dem mit keinem Gase behandelten Blute, so wurden die Blutbänder unkenntlich, der Bezirk der B-Linie dagegen schwarz. Ein Zusatz einer nicht sehr concentrirten Lösung von einfach kohlensaurem Natron machte das Blut braunroth, änderte aber die Blutbänder nicht. Erwärmte ich die Flüssigkeit, so wurde sie kurz ehe sie kochte grünlich gelb. — Die Blutbänder erhielten sich im Anfange höchstens spurweise und waren nach dem Kochen gänzlich geschwunden. Eine starke Auflösung von kaustischem Kali, die das Blut schon nach geringem Zusatze grüngelb machte, vernichtete ebenfalls die Blutbänder nach und nach.

Fassen wir Alles zusammen, so sehen wir, dass defibrinirtes Säugethierblut, das in einem hermetisch geschlossenen Glase vier Jahre lang aufbewahrt worden, flüssig bleibt, braunschwarz in dicken, violett dagegen und nicht grün in dünneren Schichten erscheint. —

Die Behandlung mit Sauerstoff röthet es weniger, als das frische Blut. Kohlensäure macht es im Ganzen nicht dunkler, verleiht ihm aber immer noch die Eigenschaft, in dünnen Lagen grünlich bis grüngelb zu erscheinen. Die meisten Blutkörperchen sind während des vierjährigen Aufenthaltes zerstört und ihre Reste farblos geworden. Man sieht aber noch einzelne gefärbte, welche die ursprüngliche runde Gestalt darbieten. Wasser, das ungefähr $^1/_{9000}$ solchen Blutes enthielt, zeigte noch die letzten Reste von Blutbändern und ein Zusatz von Essigsäure zu dem unverdünnten Blute mache den Bezirk der B-Linie schwarz. Man könnte also solches flüssige, seit vier Jahren hermetisch aufbewahrte Blut eben so gut als frisches zu gerichtlich medicinischen Demonstrationsversuchen gebrauchen.

Hat man das Blut auf einem durchsichtigen Körper, besonders einer Glasplatte eingetrocknet, so erkennt man oft die Blutbänder ohne weiteres, wenn der Rückstand weder zu dünn noch zu dick und daher in dem letzteren Falle undurchsichtig ist. Ich machte diese Beobachtung an dem Blute des Menschen, des Hundes, der Katze, der Ratte, des Kaninchens und des Frosches, diese mochten auf einer Platte frei oder zwischen zwei Gläsern unmittelbar oder in Canadabalsam eingeschlossen seit Monaten getrocknet sein. Da aber die zu solchen Beobachtungen nöthige Dicke häufig mangelt, die Discontinuität des festen Rückstandes sehr unvollkommene Bilder erzeugt und die meisten der gerichtsärztlich zu untersuchenden Blutflecke an undurchsichtigen Gegenständen haften, so bemühte ich mich, gute Lösungsmittel aufzufinden. Säuren und concentrirte Lösungen von Alkalien mussten von vorn herein ausgeschlossen werden, da sie die Blutbänder zerstören. Aether oder eine starke Lösung von kohlensaurem Kali (1 Salz zu 2 Wasser) lieferte schlechtere, Lösungen von kohlensaurem Natron, schwefelsaurem Natron, kohlensaurem Ammoniak oder schwefelsaurer Bittererde nicht wesentlich bessere Ergebnisse als reines Wasser. Es erschien dabei vortheilhafter, wenn ich den Blutfleck abkratzte, so dass die verdächtige Masse in Pulverform in das Wasser gebracht wurde, als wenn ich z. B. grössere Stücken Holz oder verrostetes Eisen, die mit Blutflecken bedeckt zu sein schienen, in die Flüssigkeit legte. Mochte das Gläschen, welches diese Untersuchungskörper und das Wasser enthielt, einige Stunden lang bei 15° oder bei 38° bis 40° C. gestanden haben, so erhielt ich bei sparsamen Mengen, wie sie bisweilen dem Gerichtsarzte zu Gebote stehen, eine schwach gelbliche Lösung, die oft matte, aber unzweifelhafte Blutbänder, bisweilen dagegen nur

die letzten zweideutigen Spuren derselben lieferten. Man sah in den äussersten Fällen, dass die entsprechenden Stellen des Spectrums, wenn sie schon ohnehin etwas dunkel sind, um ein Merkliches dunkler werden. Diese Beobachtungen bezogen sich auf einen Klotz, der als Unterlage secirter Leichen gedient, seit mehr als drei Jahren aber in einem feuchten Orte unbenutzt gelegen hatte, ein ähnliches Holzstück, das noch im Gebrauch war, einen alten verrosteten Haken, an dem früher Fleischstücke in einem Laden aufgehängt waren und auf Blutflecke, die ein bis vier Jahre alt waren und an einer Glasröhre, einer Spielkarte und verschiedenen Kleidungsstücken hafteten.

Fassen wir Alles zusammen, so ergiebt sich:

Fig. 17.

1) dass die spectralen Blutbänder, welche sα und sβ Fig. 17 nach dem Bilde des Schwefelkohlenstoff - Spektroskopes darstellen, kleine Mengen flüssigen, frischen oder verfaulten Blutes, das mit Wasser gemischt worden, nachweisen können. Ein Theil Blut auf zwei bis drei Tausend Theile Wasser wird noch die unzweifelhaftesten Anschauungen liefern. Die Empfindlichkeit geht weit tiefer unter irgend günstigen Bedingungen herab. Sie reichte bis über $^1/_{182250}$ in dem glücklichsten Falle.

2) Da die spectralen Blutbänder dunkler werden, wenn das Licht eine dickere Flüssigkeitsschicht durchläuft, so gleicht man den Mangel an Concentration theilweise aus, indem man eine möglichst niedere, aber dafür dickere Lage des das Blut enthaltenden Wassers zur Untersuchung wählt oder die Bahn des durchtretenden Lichtstrahles künstlich verlängert. Schichten von $1^1/_2$ Centimeter Dicke zeigen oft noch deutlich Reste der Blutbänder, wenn das Auge keine Färbung der Flüssigkeit mehr in durchfallendem und höchstens eine Spur gelblichen Tones in auffallendem Lichte erkennt. Die Mischung kann sich allenfalls in einem runden Glase befinden, wenn man sie vor die Eintrittsspalte des Spektroskopes bringt. Ein solches würde dagegen störende Streifen erzeugen, die Flüssigkeit muss in einem mit parallelen ebenen Glaswänden versehenen Gefässe eingeschlossen sein, wenn man sie zwischen dem Auge und der Durchsichtsöffnung des Spektroskopes oder der Spalte und dem Prisma einzuschalten vorzieht. Dieses letztere Verfahren kann übrigens zur Prüfung feinerer Fälle nicht empfohlen werden.

3) Steht eine dichtere und gefärbtere Flüssigkeit zu Gebote,

so ist es noch möglich, das Haeminspectrum (S. 80) durch einen Zusatz von Essigsäure, das Schwefelwasserstoffspectrum mittelst der Durchleitung von Schwefelwasserstoffgas (S. 83) und das Haematinspectrum (S. 82) durch die Behandlung mit kohlensaurem Kali und Weingeist herzustellen. Da aber diese Spectren bei irgend starken Blutverdünnungen nicht mehr auftreten, so wird man auf sie als Entscheidungsmittel zweifelhafter Fälle verzichten müssen.

4) Man kratze eingetrocknete Blutflecke oder dafür gehaltene rothe Massen ab und ziehe sie mit möglichst wenig Wasser kalt oder höchstens bei 40° C. aus. Die gelbliche Lösung zeigt unter günstigen Verhältnissen deutliche Reste der spectralen Blutbänder. Die letzten Spuren derselben lassen sich im Allgemeinen in dem Fig. 4 und 5 S. 22 und 23 gezeichneten Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma der grösseren Helligkeit wegen besser nachweisen, als in irgend einem anderen mir bekannten Spektroskope. Die Lichtstärke leidet bei allen Apparaten mit Fernröhren. Diese senden zwar mehr Licht in das Auge, wenn man einen einzigen fernen Punkt betrachtet, degegen weniger bei der Anschauung eines flächenhaften Bildes[1]), wie des Spectrums. Die Helligkeit wächst unter sonst gleichen Verhältnissen mit dem Quadrate des Oeffnungshalbmessers des Objectivs. Ein Fernrohr mit grossem Gesichtsfelde muss daher Vortheile darbieten. Die Verluste an Lichtstärke durch Reflexion und Absorption der Linsen lassen sich im Allgemeinen nicht angeben.

Bedient man sich eines Wild-Mousson'schen Spektroskopes (S. 21), so sucht man am besten die letzten Reste der Blutbänder in dem schmaleren, aber helleren Spectrum des ersten Prismas auf.

5) Da einzelne Gallenarten kürzere oder längere Zeit nach dem Tode vorgenommen dunkle Bänder im Grün ebenfalls zeigten (S. 88), so muss man diesen Umstand als Grund der möglichen Anwesenheit von Galle statt des Blutes in gerichtlichen Gutachten hervorheben. Die Verdünnung liefert aber ein gutes Unterscheidungsmittel. Die Bänder der Galle schwinden schon bei einem weit kleineren Zusatze von wässerigen Flüssigkeiten (S. 88 und 89).

6) Findet man keine spectralen Blutbänder, so darf man hieraus

---

[1]) Siehe z. B. A. Kunzek, Lehrbuch der Physik mit mathematischer Begründung. Wien, 1853. 8. S. 378.

noch nicht auf den Mangel von blutigen Massen schliessen, weil möglicher Weise der Wasserauszug eines Blutfleckes, vorzugsweise eines älteren, zu schwach, das Blut durch ungünstige Nebenverhältnisse zerlegt, oder durch höhere Wärmegrade, Säuren oder kaustische Alkalien verändert sein kann.

7) Haben auch Säuren die Blutbänder beseitigt, so lässt sich immer noch das Haeminspectrum darstellen, vorausgesetzt, dass eine hinreichende Menge von festem Blutrückstande zu Gebote steht (S. 80 und 86).

8) Befand sich der mit Blut verunreinigte Theil in einem Abtritte oder an einem anderen Orte, an dem sich viel Schwefelwasserstoff entwickelte, so können deshalb die Blutbänder bei Verdünnungen des Blutes nicht mehr erscheinen, bei denen sie in dem gewöhnlichen Blute längst noch auftreten.

9) Sie leiden auch durch die weit fortgeschrittene Fäulniss des Blutes, sei es dass dieses mit Wasser vermischt einige Tage lang einer höheren Wärme ausgesetzt war oder unter ungünstigen Verhältnissen eingetrocknet und seit Jahren aufbewahrt worden.

Handelt es sich darum, die allerletzten Spuren von Blut in Wasser, das über einem Blutflecken gestanden hat, nachzuweisen, so bringt man die möglichst concentrirte Lösung in ein mit planparallelen Glaswänden versehenes schmales Gefäss und dieses vor die wagerecht gestellte Eintrittsspalte des Schwefelkohlenstoff-Spektroskopes, wie es S. 26 geschildert worden. Man erhält dann die

Fig. 18.

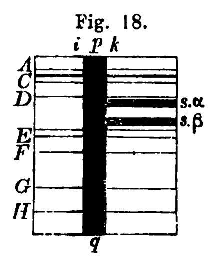


Fig. 18 gegebene Anschauung. p q ist die (undurchsichtige) Fassung des die Probeflüssigkeit enthaltenden Gefässes. Die Mischung liefert die Blutbänder s.α und s.β, die an der anderen Hälfte des Spectrums fehlen. Will man ganz sicher gehen, so untersucht man reines Wasser neben der Probeflüssigkeit, so dass der unmittelbare Vergleich die Entscheidung erleichtert.

Das zuverlässigste Erkenntnissmittel von Blutflecken ist meiner Ueberzeugung nach der Nachweis von Blutkörperchen unter dem Mikroskope. Man reicht überdies hier mit den geringsten Mengen aus und kann aus der Form der Blutkörperchen schliessen, ob die Blutmasse von einem Säugethiere, einem Vogel oder einem Reptile herrührt. Ich habe die hier in Betracht kommenden Gestaltverschiedenheiten oft genug in eingetrockneten Präparaten unserer Sammlung Jahre lang bewahrt. Man braucht nur eine kaum sichtbare

Spur von Blut auf eine Glasplatte aufzustreichen, damit sie rasch trockne. Es ist dagegen nicht gerechtfertigt, aus dem mittleren Durchmesser solcher trockenen Blutkörperchen zu schliessen, ob das Blut von dem Menschen oder einem Säugethiere stammt.

Wer oft Blutflecke in gerichtlichen Fällen zu untersuchen Gelegenheit hatte, wird zugeben, dass der Nachweis von Blutkörperchen, besonders an verrosteten Eisenstücken, häufiger unmöglich ist als man es erwarten sollte und als in den Büchern angegeben wird. Man ist daher oft auf die chemischen Prüfungen angewiesen [1]). Die mit Eisessig darstellbaren Haeminkrystalle gelten jetzt als das beste Erkennungszeichen in solchen Fällen, sei es dass man vorher Kochsalz hinzugefügt hat oder nicht [2]). Soll ich nach meiner Erfahrung urtheilen, so ist die Darstellung ächter Haeminkrystalle weder so leicht noch so zuverlässig, als man anzunehmen pflegt. Sie missglückte mir häufig. Es begegnete mir in anderen Fällen, dass sich Gebilde, die Krystalle unter schwächeren Vergrösserungen zu sein schienen, als solche unter stärkeren nicht bewährten. Ein mir befreundeter Chemiker gelangte zu ähnlichen Ergebnissen. Ein zweiter mühte sich lange mit den verschiedensten Blutarten erfolglos ab, bis ihm endlich die Darstellung ziemlich befriedigender Haeminkrystalle aus dem seit lange eingetrockneten Bocksblute der Apotheke gelang. Ein dritter gewann erst befriedigende Kryställchen für die Demonstration in seinen Vorlesungen, nachdem er mancherlei vergebliche Versuche während mehrerer Jahre gemacht hatte. Ein bis jetzt noch nicht bekannter Nebenumstand muss in solchen Fällen störend eingegriffen haben [3]).

Die spectralen Blutbänder haben ihr verhältnissmässig ungünstigstes Gebiet in den Fällen, die dem Gerichtsarzte am häufigsten vorkommen, d. h. bei kleinen und alten Blutflecken. Die Sparsamkeit des Materials bedingt es dann, dass der wässerige Auszug sehr verdünnt ist und doch nur wenig Flüssigkeit, mithin eine geringe

---

[1]) Siehe z. B. die Zusammenstellung derselben bei Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie. Braunschweig, 1862. 8. S. 350—55.

[2]) Vgl. L. Büchner und G. Simon, Virchow's Arch. für patholog. Anat. Bd. XV. 1858. S. 66—68.

[3]) Erdmann und Neubauer (Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. I. 1862. S. 272—278). finden es am Zweckmässigsten, die ganze Untersuchung unter dem Mikroskope bei einer Vergrösserung von mindestens 370 im Durchmesser vorzunehmen. Es ist aber dabei wesentlich zuerst Kochsalz und dann erst die Essigsäure unter das Deckgläschen zu bringen.

Dicke der Durchsichtsschicht zu Gebote steht. Dieser Uebelstand wird noch dadurch erhöht, dass Blutmassen, die Monate oder Jahre lang an der Luft eingetrocknet lagen, an Wasser weniger abzugeben pflegen, als frischere. Man muss demnach drei oder vier Tage warten, ehe man die stärkste Dichtigkeit der Lösung erreicht hat. — Die spectrale Untersuchung kann daher leicht nur negative Ergebnisse trotz der Anwesenheit von Blut liefern. Hat der Gerichtsarzt ein sehr helles Schwefelkohlenstoff-Spektroskop (Fig. 4 S. 22) und übt er sich vorher in der Erkenntniss der letzten Spuren der Blutbänder, so wird er noch in manchen unerwarteten Fällen Aufschluss erhalten und sich überzeugen, dass die spectrale Blutprobe mit den bis jetzt bekannten Untersuchungsarten in Wettstreit treten kann. Es versteht sich aber von selbst, dass man nur von sehr hellen Spektroskopen erwarten darf, dass sie noch die letzten Spuren der Blutbänder zeigen werden.

Zweiter Anhang.

Die Entdeckung einiger Gifte mittelst des Spektroskopes.

Wir werden in dem von der Spectralanalyse handelnden Abschnitte sehen, dass das Spektroskop die Anwesenheit von vielen der im gewöhnlichen Leben sogenannten schweren Metalle nachweisen kann, wenn man das elektrische statt des Gaslichtes zur Verdampfung gebraucht. Die Anwendung dieses Mittels auf die Erkenntniss von Metallvergiftungen wird unzweifelhaft einen der Glanzpunkte der ärztlichen Benutzung des Spektroskopes bilden.

Ein ziemlich reiches Material, das mir die Herren Flückiger, Chr. Müller, Otz und M. Schiff zu Gebote stellten, setzte mich in den Stand, zwei Classen von narkotischen Körpern optisch genauer zu verfolgen. Die eine umfasst die Tincturen betäubender Arzneimittel, von denen manche eine andere Farbe im durchfallenden als im auffallenden Lichte darbieten, also in diesem Sinne dichroitisch sind. Die zweite betrifft die lebhaft gefärbten Flüssigkeiten, die man durch die Behandlung einzelner giftiger Alkaloide mit Schwefelsäure erhält.

Die Tincturen der betäubenden Gifte, die ich prüfte, ergaben:

Tinctur von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge im durchgelassenen Lichte	Farbe für das freie Auge im zurückgeworfenen Lichte	In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil.
Aconit.	3	Braungelb.	Beinahe schwarz mit einem Stich in das Grüne.	Giebt prächtige Bänder in dem Schwefelkohlenstoff-Spektroskope, nämlich Ultraroth, erstes breites schwarzes Band, rothes Band, zweites schwarzes Band, gelbes bis gelbweisses Band, endlich beschattetes Band des Grün.
Dsgl.	1,5	Dsgl.	Dsgl.	Ultraroth, erstes schwarzes Band bis B $^{1}/_{5}$ C, Roth bis C $^{2}/_{5}$ D, zweites schwarzes Band bis kurz vor D, gelbweisses und grünes Band bis D $^{3}/_{4}$ E, drittes schwarzes Band bis D $^{5}/_{6}$ E und beschattetes grünes Band bis E $^{3}/_{4}$ b.
Dsgl.	1	Dsgl.	Dsgl.	Ultraroth, erstes tiefschwarzes Band bis B, Roth bis C $^{2}/_{5}$ D, mattschwarzes Band bis C $^{2}/_{3}$ D, hell bis beinahe D $^{3}/_{4}$ E, tiefschwarzes Band bis D $^{9}/_{10}$ E, grünes Band bis E $^{1}/_{15}$ F, grünes bis grünblaues Band bis b $^{3}/_{5}$ F, endlich Grün und Blau bis F $^{1}/_{2}$ G oder F $^{3}/_{5}$ G.
Dsgl.	0,4	Dsgl.	Dsgl.	Ultraroth, tiefschwarz bis a, hell bis D $^{3}/_{5}$ E, schattig bis ungefähr D $^{6}/_{7}$ E, hell bis etwas über b, schattig bis b $^{3}/_{5}$ F und hell bis beinahe G.
Hyoscyamus.	3	Braungelb.	Beinahe schwarz.	Ultraroth, dunkles Band bis B $^{1}/_{4}$ C, ganz hell bis nahezu C $^{1}/_{2}$ D, schwach beschattet bis etwas über D und hell bis ungefähr D $^{5}/_{4}$ E.
Digitalis.	3	Dunkelbraungelb.	Braunschwarz.	Ultraroth, dunkel bis a, hell bis etwas über C, dunkel schattig bis etwas über D und hell bis D $^{1}/_{3}$ E.
Conium.	3	Braungelb.	Dunkelbraun.	Aeusserstes Roth, dunkel bis B, hell bis C $^{1}/_{4}$ D, schattig bis D und hell bis D $^{3}/_{4}$ E.
Secale cornutum.	3	Weinroth.	Braunroth.	A bis D.

Tinctur von	Dicke der geprüften Schicht in Centimetern	Farbe für das freie Auge		In gutem Tageslichte durchgelassener Spectraltheil.
		im durchgelassenen Lichte	im zurückgeworfenen Lichte	
Tinctura Opii simplex.	1	Braunroth.	Braunschwarz.	Dunkel bis a, hell bis D und dann noch ein grüner Schimmer bis ungefähr D 3/4 E.
Dsgl. mit ungefähr 9 Theilen Wasser versetzt.	1	Röthlichgelb und etwas trüb.		Dunkel bis A 1/2 a und dann hell bis etwas über F.
Tinctura Opii crocata.	1	Dunkelbraunroth.	Braunschwarz.	Dunkel bis a und hell bis D 1/3 E.
Dsgl. mit ungefähr dem 15 fachen Wasser verdünnt.	1	Röthlichgelb.		A bis E.
Sabadilla.	3	Rothgelb.	Braungelb.	b bis E.
Radix Belladonnae.	3	Goldgelb.	Dunkler Gelb.	A bis b 4/5 F.
Stramonium.	3	Gelb.	Dunkler Gelb.	a bis E 1/2 F.
Colchicum.	3	Gelb.	Gelb.	A bis in das Violett.
Colocynthis.	3	Gelb.	Gelb.	A bis in das Violett.
Nux vomica.	3	Gelb.	Gelb.	A bis in das Violett.
Canthariden.	3	Gelb.	Dunkler Gelb mit einem Stich in Grün.	B bis b 1/2 F.

Keine der geprüften betäubenden Tincturen giebt ein so eigenthümliches Spectrum, dass dieses ihr ausschliesslich zukäme. Eine nähere Betrachtung lehrt dessenungeachtet, dass die spectrale Untersuchung auf richtige Spuren in Vergiftungsfällen leiten oder bestimmte Erkennungsmerkmale liefern kann.

1) Hält man sich nur an die dunklen Bänder im Roth und die schattigen Streifen im Grün, so giebt die Aconittinctur ein vollständiges Xanthophyllspectrum, wie es Simmler[1]) an dem aus Chlorophyll dargestellten Xanthophyll beobachtet hat. Die Schierlings- und die Fingerhutstinctur lieferten das Gleiche nur mit dem wahrscheinlich von dem geringeren Xanthophyllgehalte abhängigen Unterschiede, dass man eine schmale dunkle Linie statt des zweiten schwarzen Streifens im Roth hatte. Die Bilsenkrauttinctur erschien in dieser Hinsicht noch unvollkommener, da der zweite dunkle Streifen im Roth und der schattige im Grün gänzlich fehlten.

Die Aconittinctur zeigte noch die Xanthophyllbänder und ihr eigenthümliches Spectrum überhaupt, in einer Schicht von 4 Millim.

[1]) Simmler, Pogg. Ann. Bd. CXV. 1862. S. 616. Taf. VII. Fig. 13.

Dicke oder nachdem man sie nicht unbedeutend mit Wasser verdünnt hatte. Man wird daher in Vergiftungsfällen, in denen Nebengründe zu entsprechenden Vermuthungen führen, nach den Spectren der genannten xanthophyllhaltigen Tincturen suchen, darf jedoch nicht übersehen, dass auch unschuldige Flüssigkeiten ähnliche Spectren liefern können (S. 66).

2) Das Letztere gilt ebenfalls von der Beschattung des Anfangstheiles des Roth, das die Tinctura Opii simplex und die Tinctura Opii crocata darboten.

3) Das Spektroskop kann für die reinen gelben Tincturen der Sabadilla, der Tollkirschenwurzel, des Stechapfels, der Zeitlose, der Coloquinthen, der Brechnuss und der Canthariden Nichts lehren.

Man hat die lebhaften Farben, welche die Schwefelsäure bei der Anwesenheit von betäubenden Alkaloiden erzeugt, als Erkennungsmittel in gerichtlich-medicinischen Fällen empfohlen. Das gewöhnliche Verfahren, diese Reactionen zum Vorschein zu bringen, besteht darin, dass man einen kleinen Krystall oder eine geringe Menge der Substanz überhaupt auf einem Porzellanstücke oder in einem Uhrglase mit reiner concentrirter Schwefelsäure übergiesst, dann etwas Schwefelsäure, die eine unbedeutende Menge Salpetersäure enthält und etwas Wasser hinzufügt, hierauf einige linsengrosse Stücke von pulverfreiem Braunstein zusetzt, das Ganze endlich mit Ammoniaklösung bis fast zur Neutralisation mengt und die Farbenveränderung, die sich im Laufe einer Stunde nach jeder dieser einzelnen Beimischungen einstellt, untersucht. J. Erdmann[1]), der die neuesten Beobachtungen der Art lieferte, prüfte auf diese Weise das Morphin, das Narcotin, das Strychnin, das Brucin und das Veratrin. Wir wollen daher auch zunäshst nur diese Alkaloide, obgleich nach einem etwas anderen Verfahren, in Betracht ziehen.

Ich nahm grössere Mengen, ungefähr 1 bis 2 Cubikcentimeter sehr starker Schwefelsäure, die wahrscheinlich mit sehr geringen Mengen von Salpetersäure und Eisen verunreinigt war, setzte hierauf eine Spur (immer weniger als $^1/_{500}$ und oft selbst weniger als $^1/_{1000}$) Salpetersäure hinzu, und warf später Stückchen krystallisirten Braunsteins hinein, nachdem ich mich in früheren Versuchen überzeugt hatte, dass der gepulverte die gewünschten Dienste nicht leistete. Man giebt gewöhnlich an, dass die schönen Färbungen

---

[1]) J. Erdmann, Annalen der Chemie. Bd. CXX. 1861. S. 188—191. Fresenius, Zeitschr. f. analyt. Chemie. Bd. I. 1862. S. 224—28, und W. A. Guy Ebendas. S. 90—93.

nach dem zuerst erwähnten gewöhnlichen Verfahren erst nach einiger Zeit entstehen und sich niemals einige Stunden lang halten. Die Erwärmung müsse vermieden werden. Die lebhaften Farben, die ich nach dem beschriebenen Verfahren in gewöhnlicher Temperatur oder durch das Kochen erhalten habe, blieben drei bis vier Tage und oft noch länger unverändert.

Die Beobachtungen wurden immer mit Flüssigkeitsschichten von 1 bis 1½ Centimeter Dicke in hellem Tageslichte angestellt. Die Färbungen traten meist auf der Stelle, seltener dagegen erst nach einer Viertelstunde oder noch später ein.

A. Concentrirte Schwefelsäure.

Alkaloid.	Färbung	Sichtbarer Spectraltheil.
Morphin.	Blauviolett.	Roth bis Violett.
Narcotin.	Bräunlichgelb und nach 5 Minuten weingelb.	Beschattet schwach bis B und lässt dann ununterbrochen bis b durch.
Strychnin.	Farblos.	Das ganze Spectrum.
Brucin.	Nach einer halben Stunde gelb mit einem Stich ins Grünliche.	Beschattet sehr schwach den Anfangstheil des Roth und lässt bis in das Violett durch.
Dsgl.	Nach mehr als einer halben Stunde rothgelb.	Beschattet schwächer das Roth und ungefähr $^2/_3$ des sichtbaren Grün, durchsichtig bis D $^2/_3$ E.
In kaltem Wasser dieselbe Flüssigkeit mit viel Wasser verdünnt.	Blass rosenroth.	Beschattet noch bei schwacher Färbung A bis a in nicht sehr starker, aber in merklicher Weise.
Veratrin.	Zuerst gelb, bald gelbroth, endlich roth.	Beschattet das Grün um so mehr, je mehr die Flüssigkeit roth wird, und lässt zuletzt nur von A bis D durch.

B. Schwefelsäure mit sehr wenig Salpetersäure.

Alkaloid.	Färbung	Sichtbarer Spectraltheil.
Morphin.	Die an der Wand haftenden Krystalle braunroth, die Flüssigkeit gelbgrünlich.	A bis F ½ G.
Narcotin.	Die Kryställchen zwiebelroth, die Lösung gelbgrünlich.	Beschattet schwach bis B, hell bis b ½ F.
Strychnin.	In der ersten Stunde farblos.	A bis in das Violett.
Brucin.	Die Krystalle kirschroth, die Lösung gelb.	A bis b.
Veratrin.	Krystalle kirschroth, Lösung gelb mit einem Stich ins Braune.	A bis E ½ F. Anfang des Roth und Grün etwas beschattet.



C. Die vorige Flüssigkeit mit Braunstein.

Alkaloid.	Färbung	Sichtbarer Spectraltheil.
Morphin.	Krystalle braunroth bis schwarz, Lösung dunkelbraun bis rothgelb, und später mahagonibraun.	Beschattet schwach bis B und lässt bis b 1/3 F durch.
Narcotin.	Krystalle braunroth, Flüssigkeit blutroth.	A 1/2 a bis D und Spuren von Grün, eine Stunde später A bis über F.
Strychnin.	Manche Krystalle zwiebelroth, andere gelblich, andere weiss. Flüssigkeit hellgelb und später stärker gelb (nicht dunkelzwiebelroth).	A bis F.
Brucin.	Krystalle lebhaft roth. Lösung rothgelb.	Beschattet schwach bis B, lässt durch bis E. Das Endgrün beschattet.
Dsgl.	Dsgl. eine Stunde später. Gummiguttgelb.	Beschattet bis B, hell bis b.
Veratrin.	Krystalle kirschroth. Lösung gelbröthlich und nach einer Stunde ebenfalls kirschroth.	A bis über b. Anfangsroth sehr beschattet.

Ich habe auch noch die Versuche mit der fast vollständigen Neutralisation und der Uebersättigung mit Ammoniak angestellt, stiess aber in keinem einzigen Falle auf ein von dunklen Bändern unterbrochenes Spectrum.

Löste ich einige Morphinkrystalle in Wasser und versetzte dieses mit einer Lösung von Eisenchlorid [1]), so beschattete die blaugrüne Flüssigkeit bis ungefähr A 3/4 a, liess dann bis b und im Schwefelkohlenstoffspektroskope bis F ununterbrochen durch und lieferte ein etwas schattiges Grün. Eine mit einer Auflösung von doppelt chromsaurem Kali vermischte wässerige Lösung von Strychnin wurde nach einer Stunde rothgelb und gab A bis D 2/3 E. Ich erhielt sogleich die prachtvollsten violetten und rothen Färbungen, wenn ich einige Strychninkrystalle in Schwefelsäure, die sehr wenig Salpetersäure enthielt, gebracht und einige Stückchen doppelt chromsauren Kalis hineingeworfen hatte [2]). Betrug dieses ungefähr eben so viel als das Strychnin, so zeigte sich eine lebhaft violette Fär-

[1]) Vgl. F. J. Otto, Anleitung zur Ausmittelung der Gifte. Zweite Auflage. Braunschweig, 1856. 8. S. 97.

[2]) Otto a. a. O. S. 108. Vgl. auch Jordan in R. Fresenius Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. I. 1862. S. 133.

bung, die aber auf der Stelle in Weinroth überging. Ein Zusatz von mehr chromsaurem Kali machte sie röther und ein solcher von Strychnin violetter. Sie wurde zugleich in beiden Fällen dunkler. Diese Lösungen gehören zu den homogensten Flüssigkeiten, die ich kenne. Da sie sich aber sogleich verändern, so wird hierdurch der praktische Nutzen jener Eigenschaft wesentlich geschmälert. Ich hatte z. B. eine weinrothe Lösung, die A bis C oder A bis C $^1/_{10}$ D gab. Durch mehr chromsauren Kalis dunkelbraunroth gemacht, lieferte sie A $^1/_2$ a bis C $^3/_4$ D. Eine grössere Menge von Strychnin erzeugte eine dunkelviolettrothe Farbe, deren Spectrum auf A bis B $^3/_4$ C beschränkt blieb. Sie war aber schon nach kaum 5 Minuten so roth für das freie Auge und so ungleichartig für das Spektroskop geworden, dass sie bis über D durchliess, erzeugte über Nacht einen Niederschlag und gab dann sogar bis D $^1/_2$ E mit einem lebhaften gelben Bande.

Das hellgelbe Coniin liess A bis über F bei einer Dicke von 1$^3/_4$ Centimetern ununterbrochen durch und beschattete höchstens schwach bis über B. Das ebenfalls hellgelbe Nicotin machte bis B $^1/_2$ C etwas dunkler und gab dann ununterbrochen bis F $^1/_2$ G bei 1$^1/_2$ Centimeter Dicke. Eine 2$^1/_2$ Centimeter dicke Schicht von Anilin lieferte von A bis über G. (Vgl. oben S. 62 flg.)

Ich habe noch eine Reihe anderer hierher gehörender Körper in die mit wenig Salpetersäure versetzte Schwefelsäure gebracht. Es ergab sich

Körper	Färbung	Sichtbarer Spectraltheil.
Antiarin.	Nach dem Kochen braunschwarz. Mit dem Sechsfachen Wasser bräunlichgelb.	A bis b $^1/_2$ F.
Asparagin.	Unverändert.	A bis in das Violett.
Chinin.	Nach dem Kochen weinrothe Lösung.	A bis C $^1/_2$ D.
Cinchonin.	Nach dem Kochen gelbgrüne und nach weiterem Kochen goldgelbe Lösung mit röthlicher Oberschicht.	A bis F $^1/_3$ G.
Codein.	Krystalle braungelb bis braun.	A bis Violett oder bei tieferer rothgelber Farbe durch Erwärmen A bis über F.
Morphin.	Gekocht tief schwarzrothe Lösung.	Bei 4 Millimeter Dicke A bis E. Mit dem Fünffachen Wasser verdünnt, braunroth und bei ein Centimeter Dicke A $^1/_2$ a bis E $^1/_2$ b.

Körper	Färbung	Sichtbarer Spectraltheil.
Thebain.	Trüb weinrothe Flüssigkeit, gekocht klar und intensiv weinroth.	A 1/2 a bis D 1/2 E und nach dem Kochen A bis D 1/2 E.
Digitalin.	Weinroth.	A bis D 1/3 E.
Meconsäure.	Selbst nach dem Kochen farblos.	Das ganze Spectrum.
Strychnin.	Nach dem Kochen dunkelweinroth, mit dem Vierfachen Wasser rothgelb.	A bis D 1/2 E oder D 5/6 E mit schwacher Beschattung bis B. Nach Neutralisation mit Ammoniak goldgelb A bis F 1/2 G.
Narcotin.	Nach dem Kochen beinahe schwarz.	Mit dem Sechsfachen Wasser verdünnt braunroth A bis D.
Veratrin.	Nach dem Kochen intensiv dunkelroth und nach und nach braunschwarz.	Mit Zweifachem Wasser rothgelb A bis E und mit Sechsfachem A bis beinahe F.
Delphinin.	Gekocht dunkelweinroth.	A bis etwas über D.
Dsgl.	Schwarzbraun mit dem Zehnfachen Wasser verdünnt.	A bis b. Die B-Linie im Schwefelkohlenstoffspektroskope auffallend schwärzer.
Emetin.	Krystalle braunroth. Lösung goldgelb mit röthlicher Oberschicht, bei dem Kochen heller goldgelb.	Beschattet schwach bis a, lässt bis b 1/2 F durch. Nach dem Kochen A bis F 1/2 G.
Colchicin.	Gelb.	A bis über F.
Dsgl.	Gekocht; dunkelbraun mit dem Fünffachen Wasser verdünnt.	A bis D 1/4 E.
Phloridzin.	Weinroth, bei dem Erwärmen hell gelb mit rother Oberschicht.	A bis b 3/4 F und nach dem Erwärmen A bis über G.
Peucedanin.	Weinroth, gekocht braunschwarz bis schwarz.	Weinroth. B bis C 3/4 D. Gekocht und mit dem Zehnfachen Wasser verdünnt hellbraun A bis über F.
Pikrotoxin.	Bei dem Kochen braunroth.	Mit dem Sechsfachen Wasser verdünnt A bis b oder b 1/2 F.
Piperin.	Weinroth, gekocht fast ganz schwarz.	A oder a bis E 1/2 b. Die gekochete Lösung mit dem Zehnfachen Wasser verdünnt beschattet schwach bis B und hell bis E 1/4 b.
Rhabarberin.	Gelbgrün.	A bis b.
Dsgl.	Gekocht roth und in dünnen Lagen gelblich.	A bis D 1/2 E.
Atropin.	Gekocht schwach gelbgrünlich.	A bis in das Violett.
Salicin.	Krystalle lebhaft roth. Gekocht heller und goldgelb.	A bis D 1/2 E und nach dem Kochen A bis F.
Aconitin.	Gekocht gelb mit einem Stich ins Grüne.	A bis über F ohne Spur eines Bandes.
Santonin.	Krystalle und Flüssigkeit schön roth.	A bis D 1/2 E. Nach dem Kochen gelb und A bis E 1/2 b.
Tannin.	Schön roth.	A bis etwas über b.
Dsgl.	Gekocht hellgelb mit rother Oberschicht.	A bis G.

Wir stossen hier auf die gleiche Erscheinung, die uns schon S. 67 bei den aus dem Steinkohlentheer bereiteten Farbestoffen

begegnete. Man hat die schönsten scheinbar einfachen Farben für das freie Auge, findet aber am Spektroskope, dass jede von ihnen zusammengesetzt ist und höchstens Beschattungen an dem Anfange und dem Ende des Spectrums, aber keine dunklen Bänder erzeugt. Dieser Umstand beschränkt natürlich den Werth der spektroskopischen Untersuchung für den Gerichtsarzt. Man wird aber gerade die Continuität des Spectrums als Nebenmerkmal benutzen können. Die oben verzeichneten Erfahrungen lehren übrigens, dass man sich sehr hüten muss, aus der blossen Farbenreaction auf ein bestimmtes Alkaloid mit Sicherheit zurückzuschliessen und die bis jetzt gegebenen Vorschriften der Lehrbücher eine Einschränkung in dieser Hinsicht nöthig haben.

Die dunkelrothe Weingeistabkochung des Colchicins liess von A bis D $^3/_4$ E, die gelbgrünliche des Digitalins von A bis über F und die schwach gelbgrünliche des Delphinins von A bis beinahe G in Schichten von einem Centimeter durch.

5) Ergänzungs- und Mischfarben.

Man kann das Spektroskop zum Nachweise der Ergänzungs- und Mischfarben in mehrfacher Art brauchen. Die glatten Färbungen doppelt brechender dünner Blättchen können zu diesem Zwecke zunächst dienen.

Als Wrede [1]) darzuthun suchte, dass die Absorptionserscheinungen des Lichtes auf Interferenzen der Lichtwellen beruhen, benutzte er auch den Gangunterschied der beiden Strahlen eines doppelt brechenden Körpers, um seine Auffassungsweise anschaulich zu machen. Er bog [2]) ein mindestens $^1/_{1000}$ Zoll dickes Glimmerblättchen cylindrisch um, stellte es aufrecht und liess das Licht einer Kerzenflamme von demselben zurückwerfen. Es erschien dem freien Auge farblos. Leitete man es aber durch ein Prisma und betrachtete das Spectrum mittelst eines Fernrohres, so war dieses von einer um so grösseren Menge von schwarzen Strichen durchzogen, eine je grössere Dicke das Glimmerblättchen hatte. A. Erman [3]) bestimmte später die Lagen und die Breiten der durch solche Blätter erzeugten dunklen Linien auf dem Wege der Theodolithenmessung,

---

[1]) Wrede, Pogg. Ann. Bd. XXXIII. 1834. S. 353—389.
[2]) Wrede Ebendaselbst S. 366. 367.
[3]) A. Erman, Pogg. Ann. Bd. LXIII, 1844. S. 539—550.

brachte sie mit einer von ihm aufgestellten Formel in Beziehung und suchte die von ihm ebenfalls gemessenen dunklen Linien der Jod- und der Bromdämpfe (S. 93) auf ähnliche Interferenzerscheinungen zurückzuführen. J. Müller [1]) entwarf ein Spectrum auf einem Papierschirme und betrachtete dasselbe durch ein Gypsblättchen, das zwischen zwei Nicols eingeschaltet war. Dünnere Blättchen geben dann ein dunkles Band und dickere mehrere. Violett zweiter Ordnung verdunkelte das violette Ende des Spectrums. Ein Gypsblättchen von Grün vierter Ordnung lieferte einen dunklen Streifen im Roth und einen zweiten im Blau.

Ein einfacher Gedankengang führte mich darauf, das Spektroskop und die Polarisationsfarben zur genaueren Ermittelung der Ergänzungsfarben zu benutzen. Man hat diese bis jetzt fast immer nur in Worten ausgedrückt. Die hiermit verbundene Unbestimmtheit und subjective Färbung der Bezeichnungen lässt sich vermeiden, wenn man die Fraunhofer'schen Spectrallinien zu den Angaben benutzt.

Denken wir uns den ideellen Fall, dass eine sehr dünne planparallele Platte eines doppelt brechenden Körpers in dem Grade eben und gleichartig wäre, dass die durch den Gang- oder Geschwindigkeitsunterschied bedingte auslöschende Interferenz des ordentlichen und des ausserordentlichen Strahles nur eine einzige bestimmte Wellenlänge beträfe, so würde man eine unendlich schmale dunkle Linie erhalten, und das Auge die übrig bleibenden Farben zu derjenigen Farbe, die sich als die glatte des dünnen Blättchens darstellt, zusammenfassen. Nun beträgt aber die Wellenlänge des äussersten Roth nur 0,00076 Millimeter und die des äussersten Ultraviolett 0,00031 Millimeter [2]). Kein doppeltbrechendes Blättchen kann unter diesen Verhältnissen so gleichförmig eben sein, dass man nicht die Interferenz einer Reihe von Strahlen von verschiedener Wellenlänge erhielte. Rechnet man noch das stumpfe Urtheil des Auges hinzu, so wird es nicht befremden, dass man immer ein breiteres schwarzes Band und oft noch Schattensäume zu beiden Seiten desselben erblickt. Dieses schadet natürlich der Genauigkeit irgend schärferer Bestimmungen in hohem Grade. Man

---

[1]) J. Müller Bd. LXIX. 1846. S. 100. Vgl. über die Berechnung dieser Streifen A. Mousson, Die Physik auf Grundlage der Erfahrung. Abth. II. Zürich, 1860. 8. S. 402. 403.

[2]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 236.

kann daher nur annäherungsweise angeben, welche Bezirke einander ergänzen. Das dunkle Band, das man bei senkrecht gekreuzten Polarisationsebenen des Polarisators und des Zerlegers erhält, entspricht der Ergänzungsfarbe derjenigen Farbenmischung, die unser Auge als glatte Farbe des doppelt brechenden Blättchens auffasst und nach der man es zu benennen pflegt. Man kann aber diese auch aus dem Theile des Spectrums zusammensetzen, der bei parallelen Polarisationsebenen ausgelöscht wird.

Das eben betrachtete Verfahren hat den wesentlichen Nachtheil, dass man immer nur Annäherungswerthe für die Ergänzungsfarben gewisser Farbenmischungen erhält. Es gewährt dessenungeachtet manche Vortheile in Vergleich mit den früher gebräuchlichen Verfahrungsarten. Mengt man Spectralfarben unmittelbar, so bleibt man fast immer in Zweifel, ob man reines Weiss durch zwei Farbentöne erhalten hat, ob also diese einander wahrhaft ergänzen oder nicht. Die Untersuchungen der dunklen Bänder im Spektroskope geben dagegen die gesuchten Spectralbezirke ohne irgend eine Unsicherheit.

Ich brachte ein grosses Nicol von nahezu 6 Centimeter Länge und 2,7 Cm. längerer Diagonale der rhombischen Endfläche wagerecht vor der senkrecht stehenden Eintrittsspalte des Spektroskopes an, schaltete ein Gypsblättchen zwischen beiden so ein, dass seine Durchsichtsflächen senkrecht und seine Achsenebene unter 45° gerichtet waren, und zerlegte das Spectralbild mit einem zweiten Nicol oder einem achromatischen Kalkspathprisma. Nahm man die lichtschwachen Bezirke des Violett aus, so erschienen die dunklen Streifen scharf genug, um annähernd genaue Bestimmungen der Grenzen derselben vorzunehmen. Die Untersuchung mit dem doppelt brechenden Kalkspathprisma gewährte den Vortheil, dass man die Streifen, wie sie bei parallelen und bei senkrecht gekreuzten Polarisationsebenen auftreten, an dem doppelten Spectrum neben einander erblicken konnte.

Newton[1]) wusste schon, dass das Purpur, welches keine Spectralfarbe ist, durch die Mischung von Roth und Violett erzeugt wird. Man kann sich von der Richtigkeit dieser auch von Helmholtz[2]) angegebenen Thatsache überzeugen, wenn man ein Gypsblättchen von Purpurroth erster oder zweiter Ordnung untersucht. Man findet

---

[1]) Newton, Optice. Ed. Clarke. 1740. 4. p. 34.

[2]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 279.

dann, dass das Anfangs-Roth bis B oder B $^3/_4$ C und das äusserste Violett bei parallelen Polarisationsebenen ausgelöscht werden. Die Ergänzungsfarbe oder der Bezirk, der bei senkrecht gekreuzten Polarisatinosebenen schwarz erscheint, liegt dann zwischen D $^1/_2$ E und b $^7/_8$ F, D $^7/_8$ E bis F $^1/_5$ G oder E $^1/_3$ b und F, je nach dem Tone und der Ordnung des Blättchens, also zwischen dem Grün und dem Grünblau bis Hellblau. Ein Gypsblättchen von Blau zweiter Ordnung lehrte, dass sich die Ergänzungsfarbe zwischen D und D $^2/_3$ E, also im Gelb oder Gelbgrün befand. Ein gelbgrünes zweiter Ordnung lieferte umgekehrt F $^1/_3$ G bis F $^2/_5$ G für seine Ergänzungs- und D bis D $^2/_3$ E für seine eigenen Farben. Hellblau dritter Ordnung von b $^1/_6$ F bis ungefähr F $^7/_8$ G zeigte C $^2/_3$ D bis D $^1/_8$ E, also Orange und Gelb als Ergänzungsfarben. Man sieht, dass der zusammengesetzte Charakter aller dieser Färbungen deutlich hervortritt.

Es giebt noch zwei andere Mittel, Farben an dem Spektroskope zu mischen. Die Drehung eines vor der Durchsichtsöffnung eingeschalteten doppelt brechenden Prisma in seiner Ebene kann die beiden Spectra, die man sieht, über einander führen und zwar um so weiter, je mehr das ordentliche und das ausserordentliche Bild ursprünglich auseinander stehen. Ich vermag z. B. das Roth des einen Spectrums durch alle Farben des zweiten bis beinahe G oder bis zum Tiefblau durch ein von mir gebrauchtes achromatisirtes nicht sehr dickes Kalkspathprisma und bis über F oder dem Anfange des Blau durch ein Wollaston'sches Quarzprisma in dem mit dem Schwefelkohlenstoffprisma versehenen Spektroskope zur Deckung bringen. Ein grosses aus zwei Kalkspathprismen bestehendes als Polarisator benutztes Prisma von Sénarmont[1]) leistete die besten Dienste. Man konnte das Roth des einen Spectrums des Schwefelkohlenstoffprisma bis über das sichtbare violette Ende des zweiten Spectrums hinausführen. Es versteht sich von selbst, dass sich diese Art Mischung auch auf die Polarisationsfarben anwenden lässt. Man braucht nur ein Nicol vor der Eintrittsspalte anzubringen, einen passenden doppelt brechenden Körper an einer Stelle des Weges einzuschalten und ein gewöhnliches doppelt brechendes Prisma statt eines Nicols als Zerleger zu gebrauchen.

---

[1]) Billet, Traité d'Optique physique. Tome I. Paris, 1858. 8. p. 343.

Newton[1]) stellte einen mit 16 Zähnen versehenen undurchsichtigen Schirm auf dem Wege der Lichtstrahlen auf, um einzelne Spectralfarben abzuhalten und daher die Mischfarbe der anderen hervorzubringen. Helmholtz[2]) bediente sich eines solchen mit einem V förmigen Ausschnitte. Ich liess mir ebenfalls ein mit einem solchen versehenes Messingblättchen[3]) machen, das ich in dem Spektroskope mit dem Schwefelkohlenstoffprisma und dem mit dem Fernrohre hinter die möglichst weit geöffnete Spalte mittelst eines Korkringes anbrachte. Es hat den Nachtheil, dass höchstens eine der beiden Spalten senkrecht stehen kann, folglich das von der zweiten herrührende Spectrum schief und niedrig erscheint. Dieses gilt für beide Spectra in allen übrigen Stellungen. Man kann die Spectralbilder unter wechselnden Verschiebungen zur Deckung bringen, wenn man die V förmige Spalte in einer gewissen Lage einstellt und dann den Ansatz um die Achse des Spektroskopes dreht. Die kleine Vorrichtung eignet sich z. B., ein sehr schönes Weiss oder Bläulichweiss aus Dunkelblau und Gelb für Vorlesungsversuche zu erzeugen[4]). Das zuerst geschilderte Verfahren, die Verdoppelung des Spectrums durch ein doppelt brechendes Prisma herbeizuführen, ist jedoch für viele Fälle zweckmässiger.

6) Verlängerung des Spectrums, Fluorescenz, Dauer des Netzhauteindruckes und subjective Gesichtserscheinungen.

Die Spektroskope lassen das Roth bis zur A-Linie und selbst diese noch im günstigsten Falle erkennen. Arbeitet man aber in einem Lichte, das nicht hinreichend hell ist, so beginnt das deutliche, nicht mehr schattige Roth eine verhältnissmässig bedeutende Strecke von A entfernt. Die in dem dunklen Zimmer mittelst des Heliostaten und mit Hülfe von Concentrationslinsen entworfenen

---

1) Newton, Optice. Ed. Clarke. 1740. p. 100. Andere Methoden desselben, unter denen auch die gleichzeitige Benutzung des zurückgeworfenen und des durchgegangenen Lichtes vorkommt, finden sich: Lectiones opticae. J. Newtoni Opuscula. Ed. Castillioneus. Tome II. Lausannae, 1744. 4. p. 217—226 und p. 230—33.

2) Helmholtz, Physiol. Optik. S. 303.

3) Siehe oben S. 25 Fig. 9.

4) Newton (Opuscula Ed. Castillioneus. Tome II. Lausannae, 1744. 4. p. 205) lässt das Grün nicht bloss durch die Mischung von Blau und Gelb der Maler-, sondern auch der Spectralfarben entstehen.

Spectren bieten günstigere Verhältnisse dar. Matthiesen und später Brewster [1]) konnten einzelne dunkle Linien in dem ultrarothen, jenseit A gelegenen Spectraltheile durch besondere Vorsichtsmaassregeln wahrnehmen. Helmholtz [2]) giebt an, dass man den rothen Anfangstheil des Spectrums verlängert, d. h. einen grossen Abschnitt des sogenannten Wärmespectrums sichtbar macht, wenn man die übrigen Farben durch ein rothes, mit Kupferoxydul gefärbtes Glas abblendet. Da aber dieses noch viel Orange durchlässt, so fügt man ein blaues Kobaltglas, das Orange verschluckt, hinzu.

Es ist mir nicht gelungen, das Spectrum des Spektroskopes durch die Einschaltung eines Rubinglases länger zu machen. Ich stiess dagegen auf zwei Mittel, das Roth, wie es sich in dem Spektroskope bei schwachem oder selbst bei gutem Tageslichte zeigt, nach dem Anfange des Wärmespectrums hin zu verlängern.

1) Es giebt feste und flüssige Körper, die ein dunkles Absorptionsband zwischen zwei rothen Streifen liefern. Erzeugt man nun zwei Abtheilungen des Spectrums, eine, die nur von dem gewöhnlichen Lichte und eine zweite, die zugleich von einem Einschaltungsmittel der erwähnten Art abhängt, so sieht man, dass sich der erste rothe Theil der Letzteren weiter dem Wärmespectrum nähert, als das Anfangsroth der Ersteren. Da es immer A erreicht und oft überschreitet, so habe ich es kurz mit Ultraroth bezeichnet. Einzelne blaue Kobaltgläser (S. 51), die Weingeistabkochung der Euglena sanguinea (S. 60), die dunkle weinigte Rhabarbertinctur (S. 63), gelbes Olivenöl (S. 63. 64), manche Chlorophylllösungen (S. 70), das Haemin (S. 80), die Tincturen des Eisenhuts, des Bilsenkrauts und des Fingerhuts (S. 104) eignen sich zu solchen Beobachtungen.

2) Betrachtet man das nicht sehr helle Spectrum einer Weingeist- oder einer Wasserstoffflamme, in der man ein rothglühendes Platinblech so aufgestellt hat, dass sein linienloses Spectrum einen Theil des Gesichtsfeldes ausfüllt, so sieht man, dass der rothe Theil desselben weiter hinausreicht, als der des Flammenspectrums. Gelingt der Versuch gut, indem man den gehörigen Intensitätsunterschied beider Spectra getroffen hat, so erscheint das Roth der Flamme verhältnissmässig dunkel oder braunroth und das des Platinbleches heller und intensiver roth und genau doppelt so lang,

---

1) Brewster und Gladstone, Philosoph. Transact. Year 1860. London, 1861. p. 150.
2) Helmholtz, Physiolog. Optik. S. 229.

als das erstere. Nimmt man gleichzeitig das Spectrum des hellen Tageslichtes und eines durch die Weingeistflamme rothglühend gemachten Platinbleches, so fällt natürlich der Unterschied der beiden rothen Spectralabschnitte kleiner aus.

Lässt man die Skale des Seitenrohres v w Fig. 5 S. 23 auf das Spectrum fallen, so sieht man, dass die Verlängerung nicht so bedeutend ist, als man ohne genauere Messung glauben würde. — Man überzeugt sich auch hiervon, wenn man etwas Salzsäure und Kali auf das Platinblech bringt. Man sieht, dass der Anfang des rothen Theiles des Spectrums der nicht sehr hellen Wasserstoffflamme von der rothen Kalilinie ziemlich weit entfernt liegt. Der des helleren Spectrums des Platinbleches reicht bis in die nächste Nähe derselben. Schaltet man aber ein helles blaues Kobaltglas ein, das im Tageslichte einen Streifen von Anfangsroth, zwei durch eine schmale rothe Linie getrennte dunkle Bänder, ein gelblich weisses, hierauf ein schwarzes Band und endlich Grün, Blau und Anfangsviolett zeigt, oder eine 7 Millimeter dicke Schicht einer grünblauen Indigolösung, durch die man das Pflanzengrün grünroth sieht, so verlängert sich das Platinspectrum bis A oder über A hinaus, während daneben ein schwarzes Absorptionsband nach B hin auftritt.

Vertausche ich in dem Fig. 4 S. 22 abgebildeten Spektroskope das Schwefelkohlenstoffprisma mit dem S. 29 erwähnten Quarzprisma, dessen optische Achsenrichtung auf der Halbirungslinie des Winkels der brechenden Kante annähernd senkrecht steht, durch das also die Strahlen beinahe parallel der optischen Achse bei dem Minimum der Ablenkung durchgehen, so sollte das Spectrum unter sonst gleichen Verhältnissen nur $1/5$ so lang, als das des von mir benutzten Schwefelkohlenstoffprisma sein (S. 30). Es ist aber bedeutend länger, weil es immer noch zwei etwas verschobene Spectra hat und der Schwefelkohlenstoff viele ultraviolette Strahlen, die der Quarz giebt, nicht durchlässt. Man muss diesen letzteren Umstand berücksichtigen, wenn man Fluorescenzbeobachtungen an einem mit einem Bergkrystallprisma versehenen Spektroskope anstellen will. Die durch eine Weingeistflamme hell gemachte D-Linie giebt ein gutes Erkennungsmittel, ob noch ein Doppelbild vorhanden ist oder nicht. Könnte man ein sehr starkes Licht, z. B. elektrisches, durch die Spalte einleiten und das Spectrum auf dem Grunde einer Camera obscura entwerfen, so hätte man eine passende Vorrichtung zu Fluorescenzbeobachtungen.

Ein der Fluorescenzkapsel von Grailich[1]) ähnlicher Apparat lässt sich aus dem Fig. 4 S. 22 gezeichneten Spektroskope herstellen, wenn man das Spaltenrohr bis auf das Stück i k und das Skalenrohr v entfernt, die Durchsichtsöffnung r mit einem Korke schliesst und das Prisma herausnimmt. Der Kasten a b c gewährt Raum genug, um den fluorescirenden Körper und eine etwa noch nöthige Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd aufzunehmen, während das Hauptabsorbens vor i k und das Complementarabsorbens vor v kommt.

Versuche, deren Darstellung nicht hierher gehört, überzeugten mich, dass man auch das Spektroskop für Beobachtungen über die Dauer der Netzhauteindrücke brauchen kann. Man blendet alle Theile des Spectrums bis auf einen ziemlich gleichartigen mittelst eines mit einem schmalen Spalte versehenen Schirms ab, während sich eine senkrecht stehende Anschnittscheibe, d. h. eine Kreisscheibe, an der einzelne Sectoren fehlen, vor der Eintrittsspalte möglichst gleichförmig dreht. Die Minimalgeschwindigkeit, bei welcher der Eindruck gleichartig wird, wechselt mit Verschiedenheit der Farben und des Helligkeitsgrades. Es versteht sich von selbst, dass Spectralfarben zuverlässigere Werthe als Malerfarben liefern.

Das Abblenden kann auch benutzt werden, um die Netzhaut durch den lebhaften oder den lange anhaltenden Anblick einer Farbe zu stark zu reizen und so subjective Farbenerscheinungen hervorzurufen.

7) Anwendbarkeit des Spektroskopes für mikroskopische Beobachtungen.

Das Blut zeigt unmittelbar, dass so dünne Lagen der frischen oder der eingetrockneten Masse, wie man sie für die Untersuchung der Blutkörperchen anwendet, spectrale Blutbänder erzeugen können. Da sich wahrscheinlich das Gleiche für manche andere Körper von mikroskopischer Kleinheit wiederholt, so wäre es vorkommenden Falles zweckmässig, das Gesichtsfeld des Mikroskopes durch ein Spectralbild auszufüllen. Eine solche Einrichtung könnte aber noch einen anderen wesentlichen Vortheil gewähren.

Die Unvollkommenheit der Bilder eines Mikroskopes rührt zum

---

[1]) F. J. Pisko, Die Fluorescenz des Lichtes. Wien. 1861. 8. S. 85.

Theil von den Störungen her, welche die Farbenabweichung der Linsen erzeugt. Die hierdurch bedingten Fehler sind grösser, als die, welche die noch bestehende Abweichung wegen der Kugelgestalt herbeiführt. Die sogenannten achromatischen Gläser können nie eine vollkommene Farblosigkeit herstellen. Sie sind nur für gewisse oder streng genommen für die Beseitigung einer einzigen Farbe verbessert. Andere weniger störende Färbungen treten immer noch an den Rändern der Bilder auf. Man beseitigt aber diese am einfachsten, wenn man in möglichst einfarbigem Lichte untersucht. Schon Brewster[1]) empfahl daher zu diesem Zwecke das gelbe Licht der Weingeistflamme. Eine mit etwas Kochsalz versehene Gasflamme wird jetzt diesen Zweck vollständiger erfüllen.

Will man im Tageslichte arbeiten, so genügt in dieser Hinsicht die Einschaltung gefärbter Gläser oder Flüssigkeiten nicht, weil sie immer eine zu grosse Zahl verschiedener Farben, wie wir in den früheren Abschnitten sahen, durchlassen. Ich habe in dieser Hinsicht oft genug die mannigfachsten rothen und blauen Gläser und die vorzüglichsten als einfarbig gerühmten Lösungen z. B. von Carmin in Ammoniak, von Schwefelcyaneisen, von Chromsäure, chromsaurem Kali, essigsaurem, salpetersaurem oder schwefelsaurem Kupferoxyd, die Fehling'sche Lösung, Auflösungen von Kupferoxyd-Ammoniak, von Berlinerblau in Kleesäure, von kleesaurem Chromoxydkali und von Indigokarmin versucht. Probegegenstände, wie die Schuppen von Pieris rapae und Hipparchia Janira, die Panzer von Pleurosigma attenuatum und angulatum, von Nitschia sigmoidea und elegans und von Grammatophora subtilissima und die Spermatozoiden des Bären, des Hundes, der Katze und des Kaninchens lieferten nie wesentlich bessere Bilder. Einzelne Flüssigkeiten, besonders die blauen Kupferlösungen und gute blaue Gläser strengten die Augen weniger an, so dass der Gebrauch derselben schwachsichtigen Mikroskopikern zu empfehlen wäre.

Es kann keine Schwierigkeit haben, ein kleines, für das Mikroskop brauchbares Spektroskop anzufertigen, das ein Spectralbild auf dem Objecttische des Mikroskopes entwerfen würde, so dass dessen Strahlen in der Achse des Mikroskopes mittelst Zurückwerfung oder Durchlassung dahingingen. Man müsste dabei nur auf die S. 33 verzeichneten Ablenkungswinkel des Prismas Rücksicht nehmen. Eine grössere Helligkeit liesse sich durch Con-

---

[1]) Brewster, Pogg. Ann. Bd. II. 1824. S. 101. 102.

densationslinsen oder durch künstliche Beleuchtung gewinnen. Der Umstand, dass die Eintrittsspalte dem Prisma nahe läge und kein sehr langes Spectrum gewonnen würde, ist nicht zu fürchten. Befestige ich den die Eintrittsspalte enthaltenden Ansatz an dem Kasten des Fig. 4 S. 22 abgebildeten Spektroskopes, so dass die Ebene der Spaltöffnung nur $4^1/_2$ Centimeter von der ersten brechenden Fläche des Prisma absteht, so sehe ich ein schmales Spectrum, das mir immer noch D, E, b, F und G sogleich bei der Einstellung der Minimalablenkung für die mittleren Strahlen, C und B bei der für Roth und H bei der für Blau giebt. Das zur scharfen Auffassung des so nahen Spectrums nöthige Anpassungsvermögen [1]) lässt dasselbe nicht eben, sondern gekrümmt erscheinen.

Betrachtet man ein solches auf dem Objecttische entworfene Spectrum mit stärkeren Vergrösserungen, so sieht man einen so geringen Theil desselben, dass das Licht nahezu als einfarbig gelten kann. Roth und Dunkelblau, die sich durch ihre scheinbare Gleichartigkeit empfehlen würden, haben einen zu geringen Grad von Helligkeit. Gebrauchte man dagegen den gelben Streifen bei D oder die gleichartiger erscheinenden grünen Abschnitte des Spectraltheiles zwischen D und E für mikroskopische Beobachtungen, so hätte man zunächst eine grössere Lichtstärke und ausserdem noch einen anderen Vortheil. Die meisten achromatischen Linsensysteme sind für die mittleren Spectralfarben oder richtiger gesagt für eine derselben verbessert. Das secundäre Spectrum enthält daher vorzugsweise die äussersten Farben. Gerade diese fallen aber hinweg, wenn man den Gegenstand nur in gelbem oder in grünem Lichte untersucht.

---

[1]) Ich möchte bei dieser Gelegenheit auf ein Paar Punkte aufmerksam machen, die den neueren Schriftstellern, welche die Geschichte der das Anpassungsvermögen betreffenden Theorien geliefert haben, entgangen zu sein scheinen. Huyghens (Dioptrica Opuscula posthuma. Tomus I. Amstelodami. 1728. 4. p. 86) nimmt an, dass der Einfluss der Augenmuskeln eine doppelte Wirkung bei dem Nahesehen ausübe. Sie verschiebt die Linse nach vorn, wie Kepler zuerst vermuthete, und macht zugleich die Linse convexer, wie Descartes sich vorstellte. Merkwürdiger als diese Notiz ist eine Stelle, die ich bei Montucla (Histoire des Mathématiques. Tome II. Nouvelle Edition. Paris An VII. (1799) 4. p. 223. 224) finde. Sie lautet: „Dans l'endroit où l'uvée se sépare de la sclerotique, elle lui est fortement attachée par un ligament qu'on nomme ciliaire, et que quelques opticiens physiologistes soupçonnent être un muscle, dont la constriction ou le relâchement sert à augmenter ou à diminuer la convexité de la partie antérieure de l'oeil pour l'accommoder à la différence des objets proches ou éloignés. (Voyez Mr. Jurin, Diss. on distinct and indistinct vision. A la fin de l'Optique de Mr. Smith.)"

8) Augenärztlicher Gebrauch des Spektroskopes.

Wie das Spektroskop dem Gerichtsarzte zu dem Nachweise von Blutflecken oder von einzelnen Vergiftungen dienen kann, so vermag es auch dem Augenarzte in mehrfacher Hinsicht nützlich zu werden.

Das Sehen durch ein Spektroskop strengt im Allgemeinen mehr an, als die mikroskopische Beobachtung durch ein irgend gutes Mikroskop. Spektroskope, die mit Fernröhren von kleinem Gesichtsfelde und daher geringer Helligkeit (S. 99) ausgerüstet sind, ermüden am meisten. Dieses ist überhaupt stets der Fall, wo man einzelne Farbenerscheinungen oder Absorptionslinien im Halbdunkel zu verfolgen sucht. Hatte ich eine Reihe von Tagen mit dem Spektroskope anhaltend gearbeitet, so fühlte ich nicht selten Schmerz in dem gebrauchten Auge. Die Absonderung, vorzugsweise der Thränenkarunkel vergrösserte sich. Achtete ich nicht auf diese Zeichen und arbeitete fort, so verloren sie sich und ich ertrug später grössere Anstrengungen ohne Weiteres. Andere dagegen, die an schwachen Augen leiden, spürten es noch den ganzen Tag, es kam vor, dass selbst das Lesen beschwerlich wurde, wenn eine irgend mühsame spektroskopische Beobachtung nur eine oder wenige Minuten gedauert hatte. Der Arzt wird sich unter diesen Verhältnissen hin und wieder des Spektroskopes bedienen können, um über die Fähigkeit des Auges, Anstrengungen zu ertragen, Aufschluss zu erhalten.

Hat man die Eintrittsspalte des Instrumentes so sehr verengt, dass man ein möglichst scharfes Bild des Spectrum und vorzugsweise der Fraunhofer'schen Linien erhält, und verschmälert sie nach und nach immer mehr, so zieht sich ein an Stärke abnehmender Schatten von dem Violett nach dem letzten Theile des Grün hinüber. Das Violett wird unkenntlich, das Blau dunkler und eine Beschattung im Grün geht von F bis über E hinaus. Sie rückt später bis D vor, während das äusserste Roth dunkel und bald unkenntlich wird. Das Blau schwindet endlich gänzlich. Das sonst so lichtstarke Gelb stellt sich nicht deutlich dar. Man sieht daher nur ein rothes und daneben ein breiteres, Anfangs hellgrüneres oder gelblichgrünes und dann gesättigt grüneres Band, bis sich zuletzt auch dieses Bild verdunkelt.

Erweitert man dagegen die Eintrittsspalte, nachdem sie die Fraunhofer'schen Linien am schärfsten gegeben hat, so verschwin-

den zuerst die untergeordneten Linien im Grün, die zwischen D und E liegen, hierauf A, B und dann C, später F, G und H, während D undeutlicher wird, aber verhältnissmässig lange kenntlich bleibt. Man hat endlich einen breiten rothen, einen breiteren gelbgrünen, einen blauen und einen violetten Streifen, die sich mit auffallender Schärfe wechselseitig abgrenzen. Eine noch weitere Oeffnung der Eintrittsspalte lässt das breite Roth in lebhaftes Gelb, das erst zuletzt grün wird, übergehen.

Nur ein gesundes Auge wird alle diese von der Weite der Spalte, d. h. von der Lichtstärke und der Reinheit des Spectrums abhängigen Erscheinungen genau erkennen. Der Arzt hat daher in ihnen ein Mittel, die Schärfe der Auffassung des Auges zu prüfen.

Es versteht sich von selbst, dass das von dem Spektroskope erzeugte Spectrum den passendsten Gegenstand liefert, genügende Beobachtungen über Farbenblindheit anzustellen[1]). Ist diese in hohem Grade vorhanden, so wird sie sich ohne weiteres verrathen. Da aber geringe Grade des Leidens am häufigsten vorkommen, so muss man meistentheils die Farbenmischungen zu Hülfe ziehen. — Das S. 113 erwähnte Verfahren, die beiden Spectra, die ein doppelt brechendes Prisma liefert, zu theilweiser Deckung zu bringen, kann zu diesem Zwecke dienen. Die Fraunhofer'schen Linien werden die nöthigen Merkzeichen bei irgend intelligenten Kranken geben. Man gebraucht am besten Prismen, welche die zwei Bilder ziemlich weit auseinander werfen, also eine verhältnissmässig beträchtliche Dicke besitzen. Der grosse Unterschied der Brechungscoëfficienten des ordentlichen und des ausserordentlichen Strahles im Kalkspathe wird diesem Körper wesentliche Vorzüge vor dem Bergkrystalle oder anderen gewöhnlich gebrauchten doppelt brechenden Massen verleihen. Ein dickes Kalkspathprisma oder ein Sénarmont'sches Polarisationsprisma[2]) kann daher am besten dienen.

---

[1]) Untersuchungen an Farbenblinden mittelst des Spectrums finden sich z. B. bei Maxwell, Philosoph. Magazine. Vol. XXI. 1861. p. 145. 146. Helmholtz, Physiologische Optik. S. 294—99. Vgl. auch J. Herschel, Philos. Magaz. Vol. XIX. 1860. p. 148—158.

[2]) Ich meine hier dasjenige von Sénarmont (Billet, Traité d'Optique physique Tome I. Paris, 1858. p. 343 und 44. Pl. V. Fig. 90) angegebene Prisma, das aus zwei Kalkspathprismen besteht, einem, dessen brechende Kante parallel der optischen Achse und einem, in dem sie senkrecht auf dieser dahingeht. Man darf dieses nicht mit demjenigen Sénarmont'schen Prisma (Ann. de Chimie. Trois. Série. Tome XXVIII. 1850. p. 279—83. Pogg. Ann. Bd. LXXX. 1850. S. 293—295. Billet a. a. O. Tome II. p. 283. 284) verwechseln, das als Polariskop dient und aus vier Quarzprismen zusammengesetzt ist. Dieses letztere liefert keine Doppelbilder.

Das Spektroskop bildet ein gutes Mittel, die Beschaffenheit der farbigen Gläser, die zu Brillen gebraucht werden, näher zu bestimmen. Wir haben S. 49 gesehen, dass die grünen Gläser häufig das ganze Spectrum, immer aber einen sehr grossen Theil desselben durchlassen. Sie werden daher das Farbensehen des Kranken, der sich ihrer bedient, gar nicht oder nicht merklich beschränken. Ich fand saftgrüne Gläser, die den äussersten rothen Theil des Spectrums bis B verdunkelten, den Zwischenraum zwischen B und C so sehr beschatteten und das violette Ende des Spectrums dermaassen schwächten, dass alle diese Farben bei dem Sehen durch solche Brillengläser fast gänzlich beseitigt wurden. Hielt ich ein solches planplanes Glas vor die Eintrittsspalte des Spektroskopes und verengerte dieses allmählich, so schwanden zuerst Blau und Violett und bald darauf das Roth bis B $^{1}/_{2}$ C. Man hatte einen schmalen rothen, einen schmalen gelben und einen breiten grünen Streifen. Das Gelb wurde zuletzt unkenntlich und es erhielt sich endlich ein breites lichtstärkeres Grün, das an das schmale Roth unmittelbar stiess. Diese Versuchsweise wird lehren, welche Farben ein mit einem solchen Brillenglase bewaffnetes Auge noch bei abnehmender Lichtstärke, z. B. in der Dämmerung zu erkennen im Stande ist.

Die spektroskopische Prüfung hat ihren Hauptnutzen für die Untersuchung der blauen Brillengläser. Sehr dunkelblaue, durch und durch gefärbte Brillengläser, die also keine blossen Ueberfanggläser sind, oder mehrere Lagen hellerer, mithin die letzteren bei grösserer Gesammtdicke, eignen sich am besten zu Erythroskopen (S. oben S. 50), d. h. sie beseitigen das Grün der Pflanzen, lassen dagegen viel Roth und Violett neben Blau durch, so dass die Vegetation durch sie allein oder durch sie in Verbindung mit einem rauchgelben Glase, welches das Violett ausschliesst, roth erscheint. Viele blaue Kobaltgläser löschen, wie wir gesehen haben, einzelne Bänder des Spectrums aus (S. 50) und lassen einen Streifen des äussersten Roth, das man sonst nicht bemerkt, erkennen. Ein Kranker, der ein solches Glas als Brillenglas benutzt, sieht daher nicht einen grossen Theil des gewöhnlichen Roth, das Pflanzengrün und manche andere grünen Farbentöne, endlich viele Arten des gewöhnlichen Gelb (S. 51 flg.). Er bemerkt dafür eine Art von Anfangsroth, die das unbewaffnete Auge bei nicht sehr hellem Lichte nicht wahrnimmt. Vergleicht man aber eine Reihe von blauen Gläsern, vorzugsweise von hellblauen, so findet man, dass man weder nach

dem scheinbaren Farbentone, noch nach der Helligkeit des durchgelassenen Lichtes oder der Dicke voraussagen kann, welche Farben verlöscht werden und welche hindurchgehen. Das Spektroskop allein wird den nöthigen Aufschluss geben.

Ein Brillenhändler versorgte mich mit 11 Hauptsorten farbiger Brillengläser, die ich spektroskopisch prüfte und unter den Namen, die sie im Handel führen, tabellarisch verzeichne.

Brillenglas	Durchgelassene Farben	Spectrum des Schwefelkohlenstoff-Spektroskopes
Hellgrau. Grau. Dunkelgrau.	Von dem Roth bis in das Violett. Das letztere etwas geschwächt.	
Hellgrün.	Das gesammte Spectrum.	
Dunkelgrün.	Beschattet bis C und läst bis F $^1/_3$ G und bei hellerem Lichte noch weiter durch.	
Lichtblau. Hellblau.	Das ganze Spectrum.	
Mittelblau.	Beschattet schwach bis B und lässt dann bis über G durch.	A bis B und selbst die C-Linie dunkler.
Dunkelblau.	Beschattet schwach A bis a, macht den Raum von a bis B dunkler und den Bezirk der D-Linie auffallend schwarz. Hell von B bis fast D und von D bis über G. Man sieht aber noch eine schwache Beschattung von D $^1/_2$ E bis b.	Tiefschwarze Streifen bei B und bei D. Mattschwarz in der zweiten Hälfte des Grün, sonst bis Violett durchlassend.
Tief dunkelblau.	Aeusserstes Roth bis etwas über A, dunkles Band bis etwas über B, hell bis ungefähr C $^2/_3$ D, dunkles Band bis etwas über D, weissgelbgrünes Band bis D $^3/_5$ E, dunkelschattiger Streifen bis ungefähr b, hell bis beinahe G.	Aeusserstes Roth, zwei durch einen rothen Streifen getrennte schwarze Bänder, weissgelbliches bis weissgrünliches Band, dunkles nach dem violetten Ende wieder scharf begrenztes Band, Grün, Blau und Violett.
Schwarz.	Beschattet bis beinahe C, macht D dunkler und lässt sonst von C bis über F durch.	Auffallende Verdunkelung des rothen Anfangstheiles und starke Schwärzung und Verbreiterung der C- und D-Linie.

Diese Ergebnisse können nur als Einzelbeispiele betrachtet werden, da die ursprüngliche Beschaffenheit, die Dicke und der Farbenton des Glases wesentliche Unterschiede bedingen werden.

Ein Hauptpunkt, der bei der Auswahl gefärbter Brillengläser in Betracht kommt, ist die Stärke des von ihnen durchgelassenen Lichtes. Die Genauigkeit der photometrischen Messungen stösst bekanntlich auf beträchtliche Schwierigkeiten, wenn man selbst die

feinsten physikalischen Apparate, wie das neuere Polarisations-Photometer von Wild benutzt. Da aber der Arzt nur eine sehr ungefähre vergleichende Bestimmung nöthig hat, so kann schon das Spektroskop zu diesem Zwecke genügen [1]). Verengert man nämlich die Eintrittsspalte, nachdem sie die schärfsten Fraunhofer'schen Linien erzeugt hat, immer mehr, so werden die einzelnen Farben um so früher schwinden, je weniger Licht das Brillenglas durchlässt. Wir haben schon S. 122 gesehen, wie sich dieses für ein grünes von ziemlicher Durchsichtigkeit gestaltete. Ein blaues, das einen ultrarothen Streifen, ein breites schwarzes Band, einen apfelgrünen Streifen, ein zweites dunkles Band, Dunkelgrün, Blau und Violett gab, verlor zuerst das Violett und dann das Ultraroth. Man hatte endlich nur noch ein schwaches Dunkelblau und einen apfelgrünen Streifen. Liess ich die Spaltenbreite, welche dieses letztere Bild gab, unverändert, vertauschte dagegen das dunkler blaue Glas mit einem heller blauen, so erschien nicht nur der apfelgrüne Streifen weit lichtstärker, sondern man sah wiederum Roth, Grün und Blau. Man könnte nun die Mikrometerschraube, durch welche die Spaltenbreite des Spektroskopes bestimmt wird, mit einem Zeiger versehen, der auf einer Kreisscheibe die Grade angiebt, nach denen die entsprechende Spaltenbreite gefunden wird. Der Augenarzt dürfte dann die einem und demselben Bilde angehörende Grösse als ein ungefähres Maass der Helligkeit des von den vorgelegten Brillengläsern durchgelassenen Lichtes ansehen. Die Werthe, welche man auf diesem Wege erhält, lassen sich natürlich nur vergleichen, wenn man dasselbe Spektroskop und die gleiche Stärke des äusseren einfallenden Lichtes gebraucht, überhaupt unter denselben Nebenbedingungen untersucht hat.

Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, dass man das Spektroskop noch wird benutzen können, um den Helligkeitsgrad eines für Augenkranke eingerichteten Zimmers zu bestimmen.

So weit meine Erfahrung reicht, wird jeder Gerichtsarzt und

---

[1]) Das Verfahren von Dove (Pogg. Ann. Bd. CXIV. 1861. S. 149—151) die Lichtstärke des von farbigen Gläsern durchgelassenen Lichtes zu schätzen, setzt den Gebrauch des Mikroskopes voraus. Man weiss, dass die undurchsichtigen und stark zurückwerfenden Theile mikroskopischer Gegenstände bei durchgelassenem Lichte dunkel und bei auffallendem hell erscheinen. Es wird daher eine gewisse Mischung beider Lichtarten geben, bei der sie unkenntlich werden. Hat man diese noch nicht erreicht und schiebt dann verschiedene Gläser von ungleichen Dichten ein, so kann man hierdurch eine vergleichende Helligkeitsskale erhalten.

jeder Augenarzt mit einem so einfachen Spektroskope, als es Fig. 4 S. 22 gezeichnet ist, auskommen. Da er das in v Fig. 4 und v w Fig. 5 angegebene Skalenrohr nicht braucht, so lässt sich eine solche Vorrichtung zu einem verhältnissmässig billigen Preise herstellen. Ich glaube sogar, dass sie zu ärztlichen Zwecken in vielen Fällen besser passen wird, als die theuren, mit Fernröhren versehenen Spektroskope, die freilich eine weit grössere scheinbare Länge des Spectrums liefern, dafür aber oft genug die Lichtstärke wegen zu grosser verhältnissmässiger Beschränkung des Gesichtsfeldes schwächen.

IV. Spectralanalytische Bestimmungen.

1) Vorrichtungen.

Handelt es sich nur darum, die spectralen hellen Linien von Kalium, Natrium, Calcium, Barium und Strontium einem Zuhörerkreise zu zeigen, so reicht eine gewöhnliche Weingeistlampe aus, vorausgesetzt dass man grössere Mengen des Prüfungskörpers in die äussere Flamme auf einem Platindrathe eingeführt hat. Da die geringsten Spuren von Natrium die charakteristische gelbe D entsprechende Linie liefern und Kochsalzstäubchen häufig in der Luft verbreitet, immer aber im Weingeist oder in anderem Brennmaterial aufgelöst sind, so tritt jene gelbe D-Linie bei allen Flammen von Weingeist oder anderen Brennkörpern auf. Sie wird höchstens heller, wenn Dämpfe von Körpern, die reichlichere Mengen von Natrium enthalten, hinzukommen. Die gewöhnliche Weingeistflamme zeigt aber auch leicht die Linien des in sie eingeführten Calcium, Barium und Strontium. Die des Kalium und des Lithium werden in glücklicheren Fällen ebenfalls wahrgenommen.

Die gewöhnliche Untersuchungsweise besteht darin, dass man eine Flamme des Leuchtgases benutzt, es durch einen Bunsen'schen Brenner strömen lässt und durch Drehung des Aussenrohres die Oeffnung regelt, welche die Menge der sich beimischenden Atmosphäre bestimmt. Je reichlicher diese hinzutritt, um so mehr sinkt die Leuchtkraft der Flamme, während die Wärme derselben zunimmt. Jene giebt noch hinreichendes Licht, wenn auf diese

Weise die Erhitzung so sehr erhöht worden, dass sich die Metalle der Alkalien und der alkalischen Erden verflüchtigen. Spuren dieser Dämpfe reichen dann hin, alle oder die am leichtesten auftretenden charakteristischen hellen Spectrallinien zu erzeugen. Die Intensität der Einzelnen wechselt übrigens mit den angewandten Hitzegraden.

Da die hiesige Anatomie noch nicht mit Gas versehen war, als ich die in den folgenden Abschnitten erwähnten Beobachtungen anstellte, so zog ich es vor, die ersten Untersuchungen nicht mit der Flamme des Leuchtgases, sondern mit der des Wasserstoffes anzustellen und sie dann später an jener, so weit es nöthig schien, zu controliren. Der Wasserstoff scheint der Theorie nach den Vorzug zu verdienen, weil er eine grössere Verbrennungswärme liefert, und die Intensität des Spectrums mit dieser steigt. Favre und Silbermann fanden 34462 Wärmeeinheiten für das Kilogramm, wenn Wasserstoff mit Sauerstoff verbrannte. Der einfache Kohlenwasserstoff dagegen giebt nur 13063. Sucht man den Werth aus seinen einzelnen Bestandtheilen [1]), so erhält man 14675. Kirchhoff und Bunsen [2]) berechnen die Wärme der Flamme des Leuchtgases zu 3259° C. und die des Knallgases zu 8061° C. Die gewöhnliche Herstellungsweise einer Wasserstoffflamme bedingt aber so viele Nachtheile, dass jener Vorzug mehr als aufgewogen wird. Die Flamme ist in der Regel schon im Anfange schwach und nimmt nach Kurzem rasch ab, so dass die nöthige Lichtstärke fehlt. Da sie klein ist, so bildet der eingeführte Platindrath einen verhältnissmässig grossen zu erwärmenden Körper. Die Hitze nimmt deswegen oft so sehr ab, dass man selbst Linien, die sonst leicht erhalten werden, in dem Halbdunkel, das die schwache Flamme erzeugt, nicht erkennt.

Man muss unter diesen Verhältnissen eine sehr grosse Flamme zu bekommen suchen. Ich bediente mich daher einer von Hugo Schiff zusammengesetzten Vorrichtung, die mit der Anordnung eines Döbereinerschen Feuerzeuges im Wesentlichen übereinstimmt.

Ein äusserer Glascylinder, a b c d Fig. 19 von 36 Centimeter Länge und 13 Centimeter Durchmesser, der oben einen umgelegten Rand hat, trägt hier einen Holzdeckel e f. Dieser besteht aus zwei durch Messinghaken verbundenen Hälften. Er besitzt zwei

---

[1]) Jamin, Cours de Physique de l'école polytechnique. Tome II. 1859. p. 421 und 424.

[2]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 165.

Fig. 19.

Oeffnungen, eine grössere für den Hals des inneren Glasgefässes g h und eine kleinere neben e für einen Glastrichter, durch den man Schwefelsäure in das äussere Gefäss a b c d giessen kann, den wir daher den Eingusstrichter nennen wollen. Er wurde in der Abbildung fortgelassen. Das innere Glasgefäss besteht aus einem cylindrischen Theile g h von 28 Centimetern Länge und 9 Centimetern Durchmesser. Es hat einen verschmälerten Hals von 5 Centimetern Länge. Der letztere wird zwischen den zwei Hälften des Holzdeckels so eingeklemmt, dass der Boden des inneren Gefässes 3 bis 4 Centimeter über dem des äusseren frei schwebt. Die Basis dieses inneren Cylinders hat eine Oeffnung von 3 Centimetern im Durchmesser. — Man schliesst sie mit einem Zapfen, der am Rande zahnartig ausgeschnitten ist und noch eine Reihe kleinerer Löcher besitzt. Ein erhärteter Gypsausguss, der bei i angedeutet worden, macht den Boden des inneren Cylinders eben. Der Hals des letzteren endlich trägt einen luftdicht eingefügten Zapfen, in dem sich eine mit einer Kugelanschwellung und einer cylindrischen Erweiterung versehene, mit Baumwolle gefüllte Röhre k befindet. Dann folgt eine zweite Glasröhre, deren Mitte einen Glashahn l führt, hierauf eine dritte lange und weite vollständig mit Baumwolle gefüllte Röhre m, endlich ein Messingrohr n von 8 bis 9 Centimetern Länge, dessen Ausflussöffnung 2 Millimeter im Durchmesser hat. Das ganze System muss auf das Genaueste luftdicht schliessen. Die in der Abbildung angegebene Verkittung ist aber zu diesem Zwecke nicht absolut nothwendig.

Man zerschlägt die im Handel vorkommenden 2 Centimeter dicken Zinkplatten in Stücke von 1 bis 2 Centimeter Durchmesser und bringt sie in den inneren Cylinder durch die Bodenöffnung, deren Kork herausgenommen worden. Ist der letztere wieder eingesetzt, so giesst man eine Mischung von fünf bis sechs Theilen Wasser mit einem Theile käuflicher Schwefelsäure in das äussere Gefäss, so dass in ihm die Flüssigkeit eine Höhe von 17 Centimeter hat. Das innere Gefäss wird dann eingesetzt und bleibt vermöge des Deckels mit seinem Boden um 3 Centimeter von dem äusseren entfernt. Schliesst das Röhrensystem vollständig, so dringt

kein Tropfen der verdünnten Schwefelsäure zu den Zinkstücken. Man kann auf diese Art die Vorrichtung Monate lang aufbewahren. Oeffnet man dagegen den Glashahn l, so treibt der hydrostatische Druck der äusseren Flüssigkeit einen Theil derselben in das innere Gefäss und die Wasserstoffentwickelung beginnt sogleich. Schliesst man ihn, so erzeugt die im Anfange fortdauernde Gasentwickelung einen Ueberschussdruck in dem innern Cylinder. Er treibt die verdünnte Schwefelsäure des inneren Gefässes durch die Oeffnung des Korkes in das äussere, so dass nur die kleinen Zinktheilchen, die mit fortgerissen werden, nutzlos verloren gehen. Ist die Gasentwickelung irgend lebhaft, so tritt später noch Wasserstoff mit Geräusch aus.

Die in k und m vorgelegte Baumwolle macht es möglich, dass man den Gasstrom anzünden kann, unmittelbar nachdem man den Glashahn l geöffnet hat, ohne sich der Gefahr einer Explosion durch Knallgas auszusetzen. Man erhält leicht im Anfange eine Flamme von 17 bis 18 Centimeter Länge und 3 bis 4 Centimeter grössten Durchmessers. Obgleich die Grösse derselben nach kurzer Zeit abnimmt, so kann man doch mit ihr länger als eine halbe Stunde in den gewöhnlichen Fällen arbeiten. Ist sie zu klein geworden, so vermag man sie etwas zu vergrössern, indem man den Hahn l schliesst, die Mischung von Schwefelsäure und schwefelsaurem Zinkoxyd in das äussere Gefäss übertreten lässt, Schwefelsäure durch den Trichter e nachgiesst, das Ganze schüttelt und nun die Vorrichtung von Neuem benutzt.

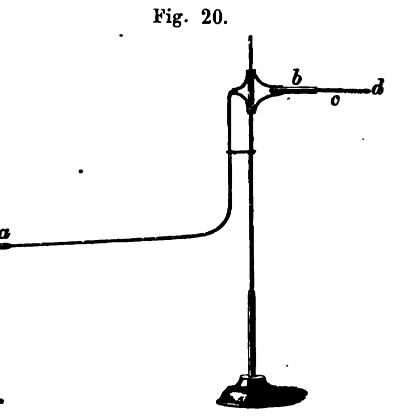
Das gewöhnliche käufliche Zink ist schon unrein genug, um eine lebhafte Wasserstoffentwickelung herbeizuführen. Wäre dieses nicht der Fall, so könnte man die Gasentbindung lebhafter machen, indem man einige Tropfen einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd oder von Platinchlorid hinzugiesst. Die durch das angesetzte Messingrohr auftretenden Spectrallinien des Kupfers, besonders die im Grün, machen sich nie in störender Weise geltend. Eine Platinspitze würde auch sie beseitigen.

Der Gebrauch eines solchen Wasserstoffapparates leistet in den gewöhnlichen Fällen nicht so viel, als die Gasflamme eines mit einem kegelförmigen Schornsteine versehenen Bunsen'schen Brenners. Man wird ihn daher nur dann benutzen, wenn kein Gas zu Gebote steht oder man die grosse Hitze des Wasserstoffes oder des Knallgases zu Hülfe ziehen will [1]).

[1]) Siehe S. 126. Vgl. Debray Compt. rend. T. LIV. 1862. p. 169. 70. Ann. de Chimie T. LXVI. 1862. p. 338.

Ich bediente mich häufig des von Simmler[1]) geänderten Bunsen'schen Halters. Der lange Schwengel a erleichtert es, den Prüfungskörper in die Flamme zu bringen, während man in das Spektroskop sieht. Der Aufnahmecylinder b der Glasröhre c ist hohl. — Die letztere besitzt eine so kleine Innenhöhlung, dass der eingeschobene-Platindraht d durch Reibung oder vermöge seines nicht ganz geraden Verlaufes haften bleibt. — Man erspart daher das Einschmelzen und kann den Drath rasch wechseln. Ich drehe endlich das Ende des Drathes d auf einem spitzen cylindrischen Eisenstücke zu einem aus engen Spiralwindungen bestehenden Trichter zusammen, untersuche ihn, ob er durch Verunreinigung Spectrallinien giebt, schiebe dann den thierischen Theil, die Asche oder einen reinen mit der Lösung getränkten Kohlencylinder in die Höhle und prüfe von Neuem.

Fig. 20.



2) Verschiedene Arten der Anwendbarkeit der Spectralanalyse auf physikalische und ärztliche Untersuchungen.

Man kann die Spectralanalyse in dreierlei Richtungen ausbeuten:

1) Man ermittelt, welche einfache durch jenes Verfahren kenntliche Körper in den verschiedenen Geweben vorkommen. Die grosse Empfindlichkeit, durch die sich die Spectralanalyse auszeichnet, darf zu der Hoffnung berechtigen, dass man auf diese Weise Bestandtheile des Thierkörpers, welche die gewöhnliche chemische Analyse nicht nachweist, erkennen wird. Ein Theil dieser Erwartung ist schon in Erfüllung gegangen.

Die gerichtliche Medicin muss von nun an die Spectralanalyse zu Hülfe ziehen, um viele Metallvergiftungen zu erkennen. Hält man sich an die von Kirchhoff[2]) gegebenen Zeichnungen, so findet

[1]) R. Th. Simmler, Beiträge zur chemischen Analyse durch Spectralbeobachtungen. Chur, 1861. S. 9.

[2]) Kirchhoff, das Sonnenspectrum. Taf. I. und II.

man Linien des Zink (Zn), Nickels (Ni), Goldes (Au), Zinnes (Sn), Quecksilbers (Hg), Kupfers (Cu), Eisens (Fe), Aluminiums (Al), Arseniks (As), des Spiessglanzes (Sb), Bleies (Pb), Kobalts (Co), Silbers (Ag), Chroms (Cr) und des Cadmiums (Cd) zwischen D und E des Spectrums. Solche des Kobalts, des Goldes, Eisens, Kupfers, Silbers, Chroms, Magnesiums und Nickels zeigen sich zwischen E und b, die von Magnesium, Eisen, Nickel, Kupfer, Cadmium, Silicium, Blei, Zink und Zinn von b bis F und die von Nickel, Kobalt, Zinn, Cadmium und Gold in dem von Kirchhoff untersuchten ersten zwischen F und G liegenden Spectraltheile. Man sieht, dass nicht wenige Metalle, die zu Vergiftungen Veranlassung geben, in diesem Verzeichnisse vorkommen. Andere noch nicht genannte, wie das Mangan (Mn) verrathen sich ebenfalls durch helle Linien (S. 68). Die gewöhnliche Gaslampe reicht zur Herstellung jener Metallspectra nicht aus. Man muss zu diesem Zwecke die Verbrennung durch den elektrischen Funken vornehmen, wie ihn 20 bis 40 mit Salpetersäure geladene Bunsen'sche Elemente liefern, und lässt ihn am besten von einer Kohlenspitze nach einem die Untersuchungsmasse enthaltenden kleinen und flachen Kohlentiegel überspringen. Die Zukunft muss endlich noch lehren, welchen Nutzen die Spectralanalyse der pathologischen Anatomie gewähren kann.

2) Viele Gase erzeugen eigenthümliche Spectra, wenn sie sich in sogenannten Geisler'schen Röhren befinden und das Licht dadurch hergestellt wird, dass man die Schläge des stark geladenen Ruhmkorff'schen Magnetelektromotors durchleitet. Das Gas befindet sich in den meist schmalen Röhren in grosser Verdünnung, die man durch eine Quecksilberpumpe hergestellt hat. Zwei Elektrodendräthe sind an beiden Enden eingeschmolzen. Wasserstoff giebt nach Plücker[1]) einen schönen grünblauen und einen minder hellen violetten Streifen und lässt den ganzen elektrischen Lichtstrom in der engen Röhre roth erscheinen. Der Stickstoff liefert alle Farben lebhaft. Man hat aber 9 ungefähr gleich weit abstehende Linien im Roth und 6 im Orange und Gelb. Ein schwarzes Band trennt das letztere vom Grün. Dieses selbst ist von zwei schönen durch schwarze Streifen gesonderten Bändern begrenzt. 9 mit schwarzen Streifen abwechselnde Bänder treten endlich in dem Violett auf. —

1) Plücker, Pogg. Ann. Bd. CV. 1858. S. 7 flg. Philosoph. Magaz. Vol. XVIII 1859. p. 14—16.

Das Licht des Entladungsstromes ist gelblichroth. Die Kohlensäure zeigt 6 helle Bänder und zwar an der äussersten Grenze des Roth, im Rothorange, im Grüngelb, dem Grün, dem Blau und dem Violett. Der Sauerstoff bietet ein schmales glänzendes Band in dem äussersten Roth und eines im Orange dar, während der Zwischenraum zwischen beiden dunkel erscheint. Da er sich bald mit den Elektroden verbindet, so lässt sich sein Spectrum schwer verfolgen. — Wasserdämpfe geben das Wasserstoffspectrum und die Mischung zweier Gase die Summe der Spectren der Einzelnen, so z. B. die Zersetzung des Ammoniaks das des Stickstoffes und des Wasserstoffes. —

Man könnte diese Gasspectra, besonders das des Wasserstoffes und der Kohlensäure benutzen, um Luftarten, die nur in kleinen Mengen in einzelnen Thierkörpern vorhanden sind, wie die Darmgase des Frosches, der Insekten und anderer Geschöpfe qualitativ zu untersuchen. Man müsste sie aber vorher mit Schwefel- oder Phosphorsäure auf das Sorgfältigste getrocknet und von etwa vorhandenem Ammoniak befreit haben, ehe man sie in eine Geisler'sche Röhre bringt, und sich bei der Einfüllung vor dem Zutritte der Atmosphäre sicher stellen.

Wer das prachtvolle Licht, das diese Gasspectra geben, gesehen hat, kommt leicht auf den Gedanken, dass es nicht unmöglich sein wird, sie zur Untersuchung innerer Körperhöhlen kranker Menschen zu benutzen, sei es, dass man die Beleuchtung von aussen her eindringen lässt oder die das Gas enthaltende Vorrichtung einzuführen und die schädliche Einwirkung höherer Wärmegrade durch passende Anordnungen zu beseitigen sucht.

3) Wir werden sehen, dass die Spectralanalyse gebraucht werden kann, manche Arten von Beobachtungen über die Aufsaugung, den Blutlauf, den Uebergang von Stoffen in die Ernährungsflüssigkeit und die Absonderungen wesentlich zu erleichtern.

3) Bestandtheile der Gewebe.

Da die spectralanalytische Untersuchung der Metalle, die weder den Alkalien noch den alkalischen Erden angehören, die Verbrennung durch den Funken einer sehr starken Batterie (S. 130), eines Ruhmkorff'schen Apparates grösster Art oder die blendend helle Flamme einer Dubosque'schen Lampe voraussetzt, so kann die Er-

forschung dieser Körper nie den Grad von Popularität erreichen, dessen sich die Untersuchung der Metalle der Alkalien und der Erden erfreut. Die physiologische Chemie wird früher oder später mit Beobachtungen bereichert werden, die nicht bloss die allgemeine Anwesenheit von Eisen und wahrscheinlich von Mangan in den thierischen Geweben bestätigen, sondern auch entscheiden, ob das Kupfer, das Spiessglanz und andere Metalle als regelrechte Bestandtheile derselben anzusehen sind oder nicht.

Die Körper, welche für die gewöhnlichen spectralanalytischen Untersuchungen der Thiergewebe in Betracht kommen, sind das Kalium, das Natrium, das Lithium, das Rubidium, das Caesium und das Calcium. Wir werden in dem folgenden Abschnitte sehen, dass es Fälle giebt, für die auch die Barium- uud Strontiumspectra dem Physiologen bekannt sein müssen.

Da sich die Spectra der gleichzeitig vorhandenen Metalle über, folglich deren Spectrallinien neben einander legen (S. 10), so geben die Thiergewebe immer ein sogenanntes gemischtes Spectrum, d. h. ein solches, das mehrere Arten von hellen Metalllinien enthält. —

Fig. 21.

A a B C D Eb F G H

Fig. 21 stellt den Fall dar, in welchem diese Linien möglichst vollständig sind. Die einzelnen Körper werden mit besonderen Zeichen angegeben. Man hat:

Kalium	:	Rubidium	o o o
Natrium	❙	Caesium	! ! !
Lithium	† † †	Calcium	* * *

Wo einzelne Linien zweier Körper, wie des Calcium und des Rubidium, allzu nahe zusammenfallen, sind die Zeichen beider zugleich angegeben.

Hat ein Körper mehrere Linien, so setzt man α zu der chemischen abkürzenden Bezeichnungsweise desselben, um die erste dem Anfangsroth am nächsten liegende, β die nächstfolgende Linie u. s. w. zu bezeichnen [1]).

---

[1]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 167 flg.

Man kann die Thiergewebe auf dreifache Weise spectralanalytisch prüfen. Man bringt sie frisch in die Flamme, so dass sie dort verkohlt und theilweise verascht werden oder man brennt sie zuvor in dem Platintiegel zu einer weissen oder einer bei irgend reichlichem Eisen- und verhältnissmässig sparsamem Kalkgehalte gelblichen oder röthlichen Asche, die man dann spectralanalytisch ohne Weiteres untersucht. Oder endlich man behandelt die Kohle oder die Asche mit eisenfreier und überhaupt reiner Salzsäure, um die Alkalien oder die alkalischen Erden in Chlorverbindungen überzuführen, da diese verhältnissmässig am leichtesten verdampfen (S. 8). Der Vortheil, den das letztere Verfahren gewährt, verräth sich oft auf das Deutlichste bei der Prüfung der Thiergewebe.

Ich brachte z. B. eine ganze vordere oder hintere Extremität, die Hälfte des Halses, das noch häutige Schädeldach des frischen Embryos eines seit 11 Tagen künstlich bebrüteten Hühnereies in die Flamme des Wasserstoffgases. Die auch sonst vorhandene gelbe Natriumlinie nahm an Lichtstärke bedeutend zu und die α Kaliumlinie trat immer sogleich in dem äussersten Roth als braunrothe und nicht sehr glänzende Linie hervor. Die Calciumlinien fehlten gänzlich oder man sah höchstens die rothen augenblicklich aufblitzen. Wurde dagegen das Präparat mit Salzsäure befeuchtet, so erschienen leicht nicht bloss die rothen, sondern auch die grünen Calciumlinien. Man kann den gleichen Doppelversuch an der Eischale bei nicht sehr starker Wasserstoffflamme mit demselben Erfolge anstellen.

Solche Erfahrungen machen es in manchen Fällen möglich, auf die Art der Verbindungen der Alkalien und der Erden zurückzuschliessen. Giebt ein Körper, der aus einer Reihe von Verbindungen besteht, die Spectrallinie eines Metalles leichter, als die eines anderen, so kann dieses von zweierlei Ursachen herrühren. Der begünstigtere Körper ist in reichlicherer Menge oder in einer flüchtigeren Verbindung vorhanden. Weiss ich, dass das Erstere nicht stattfindet, so muss der zweite Grund eingreifen. Die Extremität und der Hals des oben erwähnten Hühnerembryo enthielten schon viele Knochenpunkte. Man durfte daher mit Recht annehmen, dass die Kalksalze im Ganzen in reichlicherer Menge, als die Kalium- und Natriumverbindungen vorkamen. Da die Spectrallinie des Kalium dessenungeachtet früher erschien, so werden wir schliessen, dass mindestens ein Theil desselben in der Form von Chlorkalium, das Calcium dagegen nicht als Chlorcalcium vorhanden

war. Der oben erwähnte mit der Eischale anzustellende Versuch führt zu einer ähnlichen Folgerung. Diese wird noch dadurch gestützt, dass sich die Kaliumlinien erst bei grösseren Mengen als die Calciumlinien nach der Behandlung mit Salzsäure zeigen.

Man sieht im Allgemeinen die Linien, welche im Roth, Gelb, Orange und Grün auftreten, leichter, als die, welche im Blau und Violett erscheinen. Die letzteren zeigen sich deutlicher, wenn man ein passendes blaues oder ein geeignetes violettes Glas zwischen der Durchsichtsöffnung des Spektroskopes und dem Auge einschaltet. Ist auch die braunrothe und lichtschwache, aber scharfe α-Linie des Kalium deutlich sichtbar, so bedarf es oft eines solchen Mittels, um die β-Linie desselben, die im Violett liegt, zur Anschauung zu bringen. Dasselbe gilt von den blauen Linien des Caesium, des Strontium oder des Kupfers. Nur die rothen, nicht aber die grünen Calciumlinien zeigen sich unter ungünstigen Verhältnissen.

Es hat keine Schwierigkeit, ein gemischtes Spectrum von Kalium, Natrium, Lithium und Calcium durch Gewebe des Menschen oder der Säugethiere herzustellen, man möge die Theile frisch oder verascht unmittelbar oder, was besser ist, nach der Behandlung mit Salzsäure untersuchen. Verkohlt man thierische Gewebe, z. B. den festen Rückstand der Muskeln oder des Blutes an einer nicht sehr grossen Wasserstoffflamme, so sieht man in der Regel sogleich die rothe Kalium- ausser der heller gewordenen Natriumlinie. Jene erscheint unter gewöhnlichen Verhältnissen matt- oder braunroth und leuchtet nicht stark. Blickt man dagegen durch ein passendes blaues Glas und zwar genau das gleiche, welches das Spectrum eines rothglühenden Platinbleches verlängert (S. 116), so erscheint die Kalilinie lebhaft roth und leuchtend, und unter günstigen Verhältnissen scheinbar breiter. Dieses giebt ein Mittel, sie deutlich darzustellen, wo sie sonst gar nicht oder kaum kenntlich ist. Andere blaue Gläser, welche die S. 116 geschilderten Eigenschaften nicht besitzen, machen auch die rothe Kaliumlinie nicht sichtlicher. Ich konnte in der Regel die Rubidiumlinien, die an und für sich lebhafter als die rothe Kaliumlinie sind, obgleich sie dem Anfange des Spectrums näher liegen, einzig und allein durch die allerstärkste Wasserstoffflamme mittelst der verkohlten oder veraschten Thiergewebe darstellen.

Betrachten wir die Verhältnisse genauer, so hat es nur ein Interesse, die Spectralanalyse an den Absonderungsflüssigkeiten und an je einem Exemplare einer der beiden Hauptgruppen der Thier-

gewebe, der blutgefässreichen und der blutgefässlosen desselben Geschöpfes anzustellen. Da Kirchhoff und Bunsen[1]) nach den immer hier nur möglichen ungefähren Schätzungen annehmen, dass sich $^{1}/_{3000000}$ Milligramm Natrium, $^{1}/_{100000}$ Lithium, $^{6}/_{100000}$ Calcium oder Strontium und $^{1}/_{1000}$ Kalium oder Barium erkennen lasse, so ist klar, dass jedes blutgefässreiche Gewebe die Linien eines dieser Metalle geben wird, wenn auch dasselbe nicht in ihm, sondern nur im Blute enthalten ist. Denn kein Verfahren, dieses zu entfernen, kann sicher stellen, dass nicht noch kleine Spuren der Blutmasse zurückgeblieben oder geringe Mengen seiner Bestandtheile durch Diffusion in die die Gewebe durchtränkende Ernährungsflüssigkeit übergegangen. Es führt unter diesen Verhältnissen nicht weiter, wenn man einen Körper, den man im Blute erkannt hat, auch in den Muskeln, den Knochen und anderen gefässreichen Geweben nachweist. Man muss aus dem gleichen Grunde die blutgefässlosen Gewebe, die man zur Spectralanalyse benutzen will, in einer merklichen Entfernung von der blutgefässreichen Matrix trennen und die Absonderungsflüssigkeiten, die man zu prüfen beabsichtigt, so gewinnen, dass die geringste Spur einer Beimischung von Blut ausgeschlossen bleibt.

Bunsen[2]) entdeckte schon das Lithium in der Milch und Folwarcny[3]) beobachtete es in dem Blute und dem Muskelfleische des Menschen. Ich habe dieses Metall ebenfalls in Theilen des menschlichen Körpers bemerkt. Verschiedene Gewebe eines 25 jährigen und andere eines 47 jährigen Selbstmörders wurden verascht und dann mit Salzsäure, die an und für sich keine Linien der Metalle der Alkalien oder alkalischen Erden gab, behandelt. Man sah oft das gemischte Spectrum von Kalium, Natrium, Lithium und Calcium in der Asche der äusseren Haut, in der des Unterhautzellgewebes, der Rippenknorpel und des Hüftnerven. Eine oder mehrere der charakteristischen Spectrallinien blieben in den ungünstigeren Beobachtungen gänzlich hinweg oder blitzten nur augenblicklich auf. Man kann jedoch schon ein ganz vollständiges Spectrum aller genannten Metalle mit einer kleinen Wasserstoffflamme unter glücklichen Verhältnissen erhalten. Die Anwesenheit von Lithium liess sich noch in

---

[1]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 167. 170. 173. 174. 177. 182.

[2]) Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 170.

[3]) Folwarcny, Verhandl. aus der Würzburger physikalisch-medicinischen Gesellsch. 1860. S. 235, und Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 172.

den abgeschnittenen Nagelrändern und den Haaren des lebenden Menschen nachweisen. Es kommt also unabhängig von jeder Beimischung von Blut vor. Eine Reihe von Proben eines Fussnagels einer menschlichen Leiche zeigte immer die Eigenthümlichkeit, dass ein prachtvolles Calciumspectrum nebst der nie fehlenden Natriumlinie früher auftrat, als die braunrothe Kaliumlinie.

Da die meisten Trinkwasser Lithium enthalten, dieses also immer mit den Nahrungsmitteln in den thierischen Körper eingeführt wird, so lässt sich nicht mit Sicherheit schliessen, dass jenes Metall einen integrirenden Bestandtheil der Gewebe bildet. Es wäre möglich, dass es eben nur als zufälliger, den Organismus augenblicklich durchsetzender Körper vorkäme, wie ja auch Jod, Quecksilber, Silber und andere Metalle als vorübergehende Bestandtheile auftreten, wenn sie als Arzneimittel gebraucht worden. Dieser Einwand wird sich für keine mögliche Untersuchungsweise gänzlich beseitigen lassen. Die erstarrten Murmelthiere können ihm aber wenigstens einen grösseren Theil seines Gewichtes entziehen, als andere Prüfungsgegenstände.

Die Murmelthiere schlafen in den Umgebungen des Titlis und des Triftgletschers, von denen ich sie zu beziehen pflege, im Laufe des Novembers ein. Ich erhalte sie im December und untersuchte die Gewebe des Exemplars, das ich für die Spectralanalyse benutzte, im April, also nach dem Verlaufe einer ungefähr fünfmonatlichen Erstarrung. Die Thiere erwachen von Zeit zu Zeit, um Harn und Koth zu entleeren. Ihr Nahrungskanal enthält überdies schon keine frisch eingenommenen Speisen oder Getränke einige Tage und selbst oft Wochen vor dem Anfange des Winterschlafes. Bleibt auch ein solches dem wilden Zustande entnommenes Murmelthier Tage oder Wochen lang wach, so nimmt es doch nie die ihm vorgesetzte Nahrung zu sich. Die in der Gefangenschaft erzogenen Murmelthiere dagegen verfallen in keinen rechten Winterschlaf und essen zu allen Zeiten. Mit einem Worte, die an ihren natürlichen Aufenthaltsorten während der Erstarrung ausgegrabenen Murmelthiere liefern den für unsere Betrachtung günstigsten Fall, dass man sie beinahe nach halbjährigem Fasten untersuchen kann und dass die während dieser Zeit eingetretene Harn- und Kothentleerung Gelegenheit genug darbot, Körper, die zufällig mit den Nahrungsmitteln eingeführt worden, aus dem Organismus zu entfernen. Ich untersuchte daher auch eine Reihe von Geweben eines $1^1/_2$ Kilogramm schweren Murmelthieres, das seit ungefähr 5 Monaten erstarrt gewesen, den gan-

zen Winter über zu keinem Versuche gedient und ruhig geschlafen hatte, mit möglichster Vollständigkeit theils frisch und zum Theil nach dem Eintrocknen.

Die aus Fettzellen und zahlreichen durchsetzenden Blutgefässen bestehenden Fettmassen der Bauchhöhle zeigten die Linien des Kalium und des Natrium. Die Nieren gaben diese Linien und bisweilen für Augenblicke die des Lithium und des Calcium, die Leber die von Kalium, Natrium und momentan des Lithium, die Lungen die des Kalium, Natrium und Calcium, der Darm und das Herz die dieser drei Metalle und die des Lithium. Das Blut, die Muskeln und die Sehne des Wadenmuskels zeigten ein gemischtes Spectrum nicht bloss von Kalium, Natrium, Lithium und Calcium, sondern auch von Rubidium. Es ist bis jetzt nicht nachgewiesen, dass die Anwesenheit eines Körpers die spectralanalytische Wirksamkeit eines anderen aufhebt. Nimmt man dieses als sicher an, so kann der Mangel der Lithium- und selbst der Calciumlinien in einigen blutgefässreichen Geweben nur von ungünstigen Nebenbedingungen abgehangen haben.

Die Haare desselben Murmelthieres lieferten die Linien von Kalium, Natrium, Calcium und für Augenblicke von Lithium.

Die Nieren, die Leber, der Dünndarm und das Herz gaben nur die leichter sichtbare rothe Lithiumlinie, die zwischen B und C liegt (Fig. 21 S. 132). Das Blut, der Wadenmuskel und die Achillessehne liessen auch noch die zweite, die sich im Orange näher bei D als bei C befindet und die mir einen grünlichen Ton zu haben schien (vergl. S. 12), anhaltend erkennen. Diese drei Gewebe verriethen auch die Anwesenheit von Rubidium. Man sah die bei A liegende Kaliumlinie in dem mit zwei Prismen versehenen Wild-Moussons'chen Spektroskope (S. 21) sehr deutlich und jenseit derselben in dem Bereiche des Wärmespectrums eine tiefrothe lebhafter leuchtende Rubidiumlinie, welche sich die längste Zeit erhielt und in den verschiedensten Proben immer wiederkehrte.

Die weitere Verfolgung des Gegenstandes lehrte, dass der Nachweis der kleinen Menge von Rubidium der Thiergewebe besonders günstige Nebenumstände voraussetzt. Ich liess einen Theil der Muskeln des Murmelthieres trocknen und erblickte oft genug nur die rothe Kaliumlinie und keine weiter nach aussen liegende Linie, ich mochte den Rückstand allein oder mit Salzsäure oder Königswasser durchtränkt verbrennen. Veraschte ich einen Theil desselben, so erhielt ich eine Mischung blendend weisser und gelblicher

Stücke. Ich löste diese in verdünnter Salzsäure, machte das Ganze mit Ammoniak alkalisch, fügte einen Ueberschuss von kleesaurem Ammoniak hinzu, filtrirte, nachdem sich der kleesaure Kalk abgesetzt hatte, und engte das Filtrat in höherer Wärme so weit ein, dass nur wenige Cubikcentimeter Flüssigkeit übrig blieben. Diese wurden dann einem ähnlichen Verfahren, wie es Bunsen[1]) bei der Darstellung des Rubidium aus dem sächsischen Lepidolithen befolgte, unterworfen. Man fällte mit Platinchlorid und behandelte den gelben Niederschlag mit kochendem Wasser zu wiederholten Malen. Die meisten Proben desselben gaben nur die Kaliumlinie, die immer auf der Stelle erschien, und die Verstärkung der Lichtintensität der Natriumlinie. Hin und wieder blitzte eine rothe Linie jenseit A auf. Es kam auch vor, dass die blauen Caesiumlinien sichtbar zu werden schienen. Das letztere wiederholte sich, wenn ich Proben des mit Königswasser befeuchteten Rückstandes der salpetersauren Lösung der Asche untersuchte, nachdem ich sie mit kleesaurem Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak behandelt hatte.

Wir können hieraus schliessen, dass das Lithium und das Rubidium entweder eben so gut integrirende Bestandtheile der Gewebe als das Kalium, das Natrium und das Calcium bilden oder wenigstens, wenn zufällig von aussen eingeführt, trotz der langen Dauer des Aufenthaltes im Körper des Murmelthieres und der Möglichkeit der Elimination durch Harn oder Koth noch zurückgeblieben waren. Die grosse Empfindlichkeit der spectralanalytischen Untersuchung macht es wahrscheinlich, dass nur sehr kleine Mengen vorkamen. Wir sehen ferner, dass man das Lithium nicht bloss in den blutgefässreichen, sondern auch in den blutgefässlosen Geweben nachweisen kann.

4) Benutzung der Spectralanalyse für physiologische Versuche und in einzelnen Vergiftungsfällen.

Man bedient sich des Eisenkaliumcyanürs, um den Uebergang in das Blut oder die Absonderungsflüssigkeiten oder die Geschwindigkeit des Blutlaufes zu untersuchen. Ein Zusatz von Eisenchlorid zu einer Flüssigkeit, die das Blutlaugensalz aufgenommen hat, erzeugt dann einen Niederschlag von Berlinerblau, wenn das Eisenkaliumcyanür in grösseren Mengen vorhanden ist, und eine grün-

[1]) Kirchhoff und Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CXIII. 1861. S. 339.

blaue Färbung, wenn die ersten Spuren desselben auftreten [1]). Da mir dieser Prüfungskörper in Versuchen, die ich an winterschlafenden Murmelthieren anstellte, nicht genügte, so benutzte ich die Flüchtigkeit des Aethers, um zum Ziele zu gelangen. Ich spritzte Aether in den Mastdarm des Kaninchens und des erstarrten Murmelthieres und sah nach, wann die Ausathmungsluft nach Aether zu riechen anfing [2]). Dieses sonst sehr empfindliche Verfahren hat natürlich den Uebelstand, dass es ein scharfes Geruchswerkzeug des Beobachters voraussetzt und dann die gefundenen Zeiten mit Verschiedenheit der Empfindlichkeit desselben wechseln können. Die Spectralanalyse begründet ein anderes Verfahren. Man führt einen passenden Körper ein, der sich bei der gewöhnlichen Spectralanalyse der gesunden Gewebe unter sonst gleichen Verhältnissen nicht zeigt, und prüft dann die einzelnen Theile mit dem Spektroskope.

Da die Metalle der Alkalien und der alkalischen Erden durch die Spectralanalyse am leichtesten erkannt werden und Rubidium, Kalium, Natrium, Lithium, Calcium und wahrscheinlich auch Caesium als normale Bestandtheile vorkommen können, so bleiben nur Strontium und Barium für unseren Zweck übrig. Ich entschied mich für Strontium aus doppeltem Grunde. Die Empfindlichkeit für dasselbe geht bis $^{6}/_{100000}$ Milligramm, die für Barium dagegen nur bis $^{1}/_{1000}$ Milligramm hinab (S. 135). Jenes liefert also eine grössere Wahrscheinlichkeit der Entdeckung kleiner Mengen. Obgleich der Geübtere der Gefahr eines Irrthums nicht ausgesetzt ist, so könnte doch der Anfänger die im Grün befindliche β-Calciumlinie (Fig. 21 S. 132) mit einer der grünen zwischen D und F liegenden Bariumlinien verwechseln und so die dem Normalzustande entsprechende Anwesenheit von Calcium mit der von Barium vermengen. Das Strontianspectrum, dessen Linien in Fig. 22 punktirt angegeben sind und

Fig. 22.

A aB C D Eb F G H

das sich vor Allem und zuvörderst durch seine fünf ersten stark rothen Linien kenntlich macht, wird zu keiner solchen Irrung An-

---

[1]) Eine Abbildung der verschiedenen in dem Pferdeblute auftretenden Farbentöne nach den Versuchen von Hering findet sich in meinem Grundriss der Physiologie. Vierte Auflage. Braunschweig, 1855. 8. Taf. I. Fig. XVI.

[2]) Moleschott's Untersuchungen. Bd. V. 1858. S. 53. 54.

lass geben. Man hat überdiess noch bisweilen eine Controle an der zwischen F und G auftretenden blauen Linie, die man jedoch erst nach der Einschaltung eines blauen Glases an dem Wild-Moussonschen Spektroskope zu sehen pflegt. Bunsen[1]) empfiehlt sie für den Nachweis kleiner Mengen von Strontium.

Es ist bei der Häufigkeit, mit welcher das Strontium in Brunnenwässern auftritt, leicht möglich, dass thierische Gewebe Spuren desselben darbieten. Eine Vorprobe, die man an einem Bluttropfen des Versuchthieres anstellt, kann hierüber Aufschluss geben. Wäre es aber auch der Fall, dass die Gewebe Minimalmengen von Strontium enthalten, so brauchte man nur eine schwächere Flamme, welche diese nicht mehr zum Vorschein bringt, für die Prüfung zu benutzen. Die verhältnissmässig grossen Mengen, die sich erst dann verrathen, sind immer noch klein im Vergleich mit denen von Eisenkaliumcyanür, die das Eisenchlorid kenntlich macht. Verbrennt man frische Blutproben in der Weingeist- oder der Wasserstoffflamme, so muss man sich hüten, die dabei zum Vorschein kommende hellere Beleuchtung des rothen und des grünen Theiles des Spectrums mit einem Anzeichen von Strontium zu verwechseln. Die Kohle kann auch hier Strontiummengen unkenntlich machen, die sich sonst sogleich verrathen. Nur eine vollständige Veraschung und weitere Behandlung gestattet daher ein sicheres Urtheil.

Man erwärmt käufliches Chlorstrontium im Platintiegel, bis es seine sechs Aequivalente Wassers verloren hat und löst einen Gewichtstheil desselben in drei Gewichtstheilen Wasser auf. Diese filtrirte Lösung kann unmittelbar oder in einer bekannten Verdünnung zu Einspritzungen unter die Haut, in den Magen, den Mastdarm, das Blut benutzt werden, um die Geschwindigkeit der Aufsaugung, der Lymphbewegung, des Blutlaufes (nach dem Hering-Vierordt'schen Verfahren) oder des Ueberganges in den Harn, den Speichel und andere Absonderungsflüssigkeiten, endlich die noch nicht in Angriff genommene Frage der Mittheilung von Stoffen des Blutes an die Horngewebe zu untersuchen. Sie dient auch zu controlirenden Beobachtungen über den Wechsel der Durchtränkungsflüssigkeit der Nerven und der Muskeln, wie ich an einem anderen Orte ausführlicher darstellen werde.

---

[1]) Bunsen, Pogg. Ann. Bd. CX. S. 175. 176, wo auch das Verfahren, das Strontium aufzuschliessen, angegeben ist.

Es versteht sich von selbst, dass die Spectralanalyse benutzt werden kann, um die freilich seltenen Vergiftungen mit Strontium oder Barium nachzuweisen, wenn z. B. nur noch eine kleine Menge der Weichgebilde von dem durch Fäulniss zerstörten Leichname übrig ist. Sollte auch einer dieser Körper unter regelrechten Verhältnissen in den Geweben auftreten, so wird er doch nach der künstlichen Einführung in Mengen erscheinen, die für die Spectralanalyse verhältnissmässig ausserordentlich gross sind und sich daher schon unter Bedingungen und in Spektroskopen verrathen, welche die etwa vorhandenen gewöhnlichen Minimalmengen nicht mehr anzeigen. Ein 4 bis 5 Milligramm schwerer Tropfen einer wässerigen Lösung, die $^1/_{900}$ Chlorstrontium enthält, also eine Gesammtsumme von $^1/_{225}$ bis $^1/_{180}$ Milligramm, giebt die Linien bei dem Gebrauche einer kleinen Weingeistflamme.

Die carminrothe Färbung der Weingeistflamme durch Strontian und die grüne durch Baryt verräth sich schon dem unbewaffneten Auge, wenn nur geringe Mengen dieser Körper vorhanden sind. — Cartmell[1]) untersuchte die Leuchtgasflammen, in denen Barium, Strontium oder Calcium verdampfte, mit der Einschaltung eines blauen Glases oder einer Indigolösung. Der schwefelsaure Strontian lässt sie dann carminroth und der mit Salzsäure befeuchtete schwefelsaure Kalk olivengrün erscheinen. Die Flamme wird für das freie Auge grün bei den kleinsten Mengen des Baryts, stark roth bei etwas grösseren des Strontians und schwach roth bei noch grösseren des Kalkes. Diese Merkmale können den Gerichtsarzt in entsprechenden Vergiftungsfällen leiten, so wie jene Körper in irgend bedeutenden Mengen vorhanden sind. Er wird endlich noch die smaragdgrüne Färbung der Wasserstoffflamme als Erkennungsmittel kleiner Mengen von Phosphor oder phosphoriger Säure in dem Harn oder den Thiergeweben nach Dussard und Blondlot[2]) benutzen.

Ich möchte hingegen bei dieser Gelegenheit hervorheben, dass die für das Auge so schöne Kaliprobe von Cartmell[3]) keine physiologische oder ärztliche Anwendung gestattet. Eine Indigolösung nämlich löscht das Gelb der Natriumflamme aus. Man erkennt das Lithium durch die rothe Färbung, wenn kein Kalium nebenbei vorhanden

---

[1]) Cartmell, Philosophical Magazine. 1858. Vol. XVI. p. 331. 332.

[2]) Cartmell Ebendaselbst p. 328. 329.

[3]) Neubauer über Blondlot's Versuche in S. R. Fresenius Zeitschrift. Bd. I. 1862. S. 129—131.

ist. Ein tiefblaues Glas oder zwei über einander gelegte blaue Gläser beseitigen die Lithium-, nicht aber die Kalifarbe. Cartmell und besonders Bunsen[1]) bemerkten aber schon, dass alle Körper, welche die Lampenflamme leuchtend machen, besonders die mit Kohleausscheidung verbrennenden organischen Stoffe die gleiche violette oder ponceaurothe Farbe bedingen.

Hält man ein blaues, zu Erythroskopversuchen (S. 50) geeignetes Glas vor einer gelben Weingeistkochsalzflamme, so verschwindet die gelbe Färbung. Bringt man nun in jene ein Zündhölzchen oder ein nur einen Millimeter langes Bruchstück eines Menschenhaares, so erzeugt das blaue Glas eine schöne violette Färbung des leuchtenden Flammentheiles.

Nachträge.

S. 35 Anmerk. 1. Euler hatte in einer früheren Abhandlung (Nova Theoria Lucis et Colorum, Opuscula varii argumenti. Tom. I. Berolini, 1746. 4. p. 214—218) den Versuch gemacht, die Farbenzerstreuung theoretisch zu erklären, kam aber dabei auf die in seiner späteren S. 35 erwähnten Arbeit verworfene Ansicht, dass die rothen Strahlen die meisten und die violetten die wenigsten Schwingungen machen.

S. 41 Anmerk. 1 und S. 132. Fizeau (Compt. rend. Tome LIV. 1862. p. 493—95) giebt an, dass das metallische Natrium die D-Linie allein und hell am Anfange des Verbrennens liefert. Man hat dagegen das ganze Spectrum hell und die D-Linie dunkel bei lebhafterem Verbrennen. Debray (Ann. de Chimie. Tome LXVI. 1862. p. 338) und eben so Wolf und Diacon (an dem S. 41 angeführten Orte) sahen die rothe Kaliumlinie doppelt und noch andere Kaliumlinien in Gelb, Grün und Blau bei dem Gebrauche des Knallgases. Fluorsilicium giebt nach Séguin (Compt. rend. Tome LIV. 1862. p. 933—35) eine blaue Linie bei dem Verdampfen in der elektrischen Flamme. Ueber die Verschiedenheit der Metallspectra nach Verschiedenheit der Verbindungen siehe A. Mitscherlich, Pogg. Ann. Bd. CXVI. 1862. S. 501—505.

---

[1]) Bunsen, Ann. der Chemie. CXI. 1859. S. 265.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Allgemeine Pharmakopöe

nach den neuesten Bestimmungen

oder

die offizinellen Arzneien

nach ihrer

Erkennung, Bereitung, Wirkung und Verordnung

Zum Handgebrauch

für

Aerzte und Apotheker.

Von

Dr. F. L. Strumpf.

Lex.-8. geh. 69 Druckbogen. Ladenpreis 6 Thlr. 6 Ngr.

Der **K. Preussische** Herr **Minister der geistlichen, Unterrichts-** und **Medicinal-Angelegenheiten** hat sämmtliche **Kgl. Regierungen** und das **Kgl. Polizei-Präsidium zu Berlin** vor Kurzem veranlasst, dieses treffliche Werk den Aerzten und Apothekern ihres Verwaltungs-Bezirks zur Anschaffung zu empfehlen.

In dem betreffenden Erlass wird gesagt: „Dass ein derartiges allgemeines, oder vergleichendes Arzneibuch für den Arzt und Pharmaceuten selbst neben der Landes-Pharmakopöe ein um so dringenderes Bedürfniss werden wird, je mehr es die Aufgabe der Letzteren bleiben muss, nur denjenigen Arzneimitteln die Aufnahme zu gestatten, deren chemische Constitution und Wirkungsweise, ohne Rücksicht auf abweichende medicinische Theorien, durch Wissenschaft und Erfahrung als unzweifelhaft festgestellt zu erachten sind."

Auch von Seiten der **Kgl. Sächsischen Regierung** wurde dem Werke eine gleiche Berücksichtigung zu Theil.

Von demselben Verfasser sind ferner erschienen:

Strumpf, Dr. F. L., Die Normalgaben der Arzneien nach dem **Unzen- und Grammengewicht** zugleich als **Repetitorium der Arzneimittellehre.** gr. 8. geh. 1 Thlr.

—— **Gleichungen des Grammengewichts** mit den **Unzen- und neuen Landesgewichten** nebst den **zugehörigen Arzneigemässen.** gr. 8. geh. 6 Ngr.

Wundt, Dr. W., Privatdocent zu Heidelberg, **Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung.** 8. geh. Ladenpreis 2 Thlr.

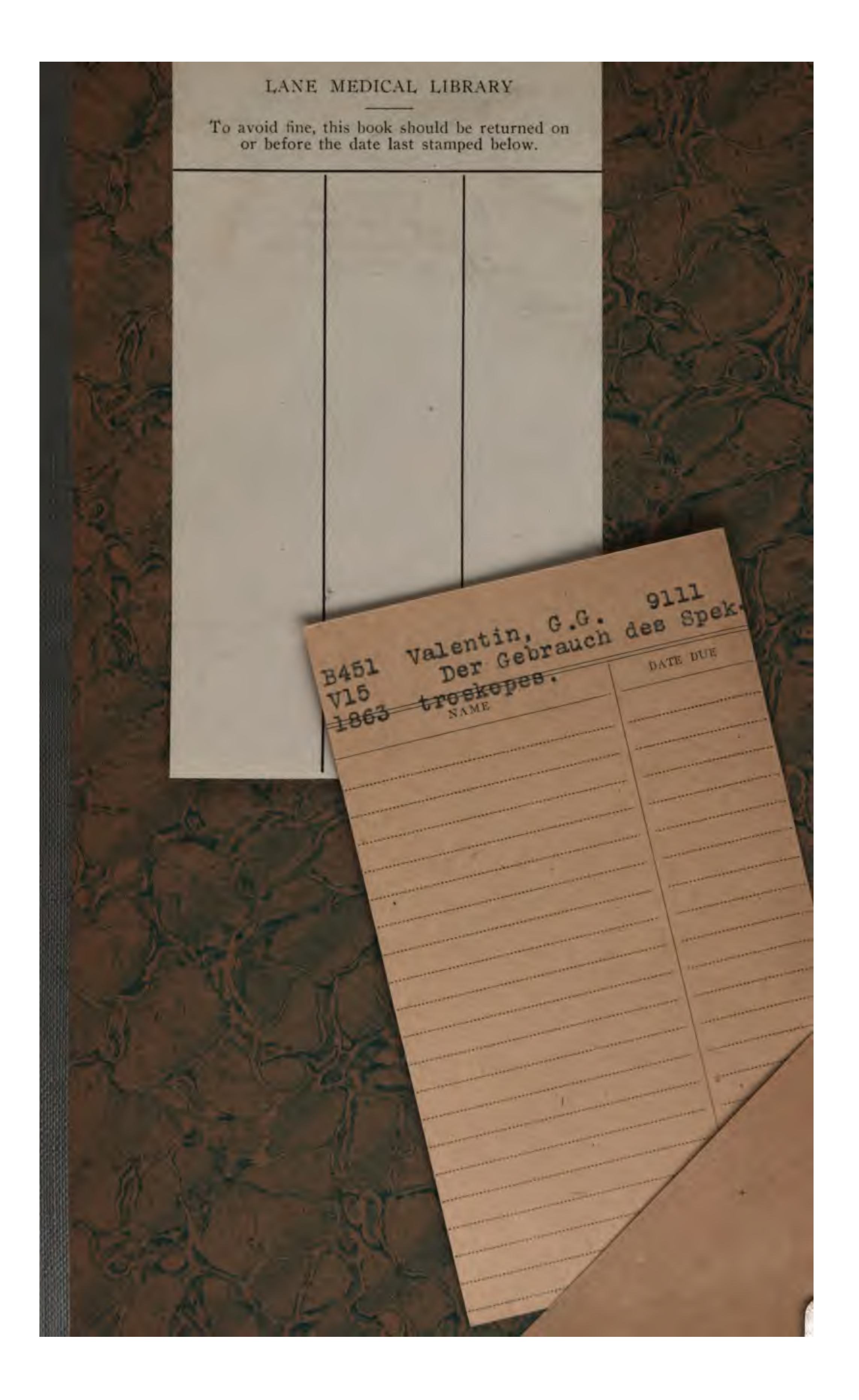
Bei der Ausarbeitung dieser Untersuchungen hatte der Verfasser nicht blos den Physiologen von Fach, sondern auch den Arzt und namentlich den Psychologen im Auge, und bestrebt sich deshalb die Darstellung innerhalb der Grenzen zu halten, in denen sie diesem weiteren wissenschaftlichen Leserkreise verständlich bleiben kann.

Matthes, G. A., Phantom des **Schenkelringes und Leistenkanals** in drei Blättern. Folio. Cartonnirt. Ladenpreis 3 Thlr.

In ähnlicher Darstellung, wie das bekannte Hirnphantom von dem verstorbenen Professor Fick, behandelt der Verfasser im vorstehenden Werke die Leistengegend. Die vorliegende Arbeit wird vorzugsweise Studirenden eine nicht geringe Erleichterung ihrer anatomischen Studien derjenigen Gegend gewähren, die für den praktischen Arzt von so hoher Wichtigkeit ist, und die erfahrungsmässig dem Verständniss des Anfängers so viel Schwierigkeiten macht, deren Kenntniss aber auch bei schon älteren Medicinern durch die mannichfach abweichenden Benennungen der verschiedenen Autoren vag und wenig genug sicher ist.

Ein flüchtiger Blick auf das überaus praktische Werk wird jedem zeigen, dass auf dessen Ausstattung eine nicht gewöhnliche Sorgfalt verwendet wurde.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.



LANE MEDICAL LIBRARY
To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.
9111
B451 Valentin, G.G.
V15 Der Gebrauch des Spek-
1863 troskopes.
NAME
DATE DUE

